ALEXANDRU VASILIEVICI ○ LUCIAN MOLDOVAN

ELEMENTE DE TEHNOLOGIE A APARATELOR DE JOASĂ TENSIUNE

Editura FACLA

Coperta : NICOLAE SÎRBU

ALEXANDRU VASILIEVICI LUCIAN MOLDOVAN

ELEMENTE DE TEHNOLOGIE A APARATELOR DE JOASĂ TENSIUNE

EDITURA FACLA
TIMIȘOARA, 1981

Control și revizie științifică
Conf. dr. ing. PETRU LEONTE

PREFAȚĂ

În condițiile actuale de dezvoltare a României socialiste, caracterizată printr-un ritm înalt de industrializare, prin crearea unor mari capacități de producție dotate cu tehnică modernă, eficacitatea activității economice este în funcție de nivelul tehnologiei aplicate.

Volumul amplu al investițiilor, care se vor realiza pînă în anul 1990, conform prevederilor Programului Partidului Comunist Român, va fi orientat spre creșterea fondurilor productive, în special în direcția mecanizării și automatizării proceselor de producție.

Unul din aspectele importante referitoare la fabricarea aparatelor electrice de joasă tensiune îl constituie aplicarea tehnologiei celei mai avansate, în vederea realizării unor aparate competitive și cu fiabilitate ridicată. Un alt aspect semnificativ constă în cerința imperioasă de a reduce consumurile de energie electrică și de a asigura economicitatea tuturor soluțiilor tehnologice.

Lucrarea de față, pornind de la caracteristicile și particularitățile fabricației aparatelor electrice, își propune să răspundă acestor deziderate, prin prezen-

tarea unor elemente de tehnologie specifice fabricării acestora.

Fiind prima carte de acest gen apărută la noi în țară, ea conține iminent unele neajunsuri și orice sugestii din partea cititorilor vor fi bine venite.

Prin conținutul ei, lucrarea se adresează specialiștilor din domeniul aparatelor electrice care își desfășoară activitatea în cercetare, proiectare sau întreprinderi constructoare de aparate electrice, putînd fi utilizată și de studenții care se pregătesc în această specialitate.

Lucrarea a fost elaborată de :

— conf. dr. ing. Alexandru Vasilievici : capitolele 2, 5, 6 și 8,

— șef de lucrări ing. Lucian Moldovan : capitolele 1, 3, 4, 7 și 9.

Autorii

1. CARACTERISTICILE ȘI PARTICULARITĂȚILE FABRICAȚIEI APARATELOR ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

1.1. PRINCIPII GENERALE DE ALCĂTUIRE A PROCESELOR TEHNOLOGICE DE FABRICARE A APARATELOR ELECTRICE

1.1.1. INTRODUCERE

Constituie aparate electrice acele ansambluri electro-mecanice destinate pentru comanda și protecția instalațiilor de producere, distribuție și utilizare a energiei electrice, precum și a altor forme de energie.

Aparatele electrice de joasă tensiune, în sensul prevăzut în [52], sînt cele construite pentru a funcționa la valori ale tensiunii nominale de pînă la 1 000 V în instalațiile de curent alternativ și de pînă la 1 700 V în cele pentru curent continuu.

Deci, în această categorie intră toate tipurile de întreruptoare, contactoare, ruptoare, siguranțe fuzibile, relee, reostate, rezistențe, precum și dispozitivele electromagnetice și magnetice de comandă a acestora sau a altor dispozitive cu comandă electrică sau magnetică.

Fabricarea aparatelor electrice, indiferent de destinația lor, presupune parcurgerea unui lung șir de transformări fizico-chimice efectuate asupra semifabricatelor pînă la obținerea produsului finit, care trebuie să aibă proprietăți adecvate utilizării lui optime. Procesul tehnologic de fabricare cuprinde, în gene-

ral, toate operațiile la care sînt supuse materialele și semifabricatele de schimbare a formei geometrice, a dimensiunilor, a calităților fizico-mecanice, a calității suprafeței pieselor componente, precum și controlul tehnic, mecanic și electric, care să ateste realizarea modificărilor impuse, în limitele preciziei stabilite prin documentația tehnologică de execuție. Obținerea ansamblului finit din piesele componente se face pe baza unui proces tehnologic de asamblare, care cuprinde totalitatea operațiilor de fixare a pieselor în grupe, subansamble și apoi a acestora în aparatul electric respectiv, piesele putînd fi asamblate rigid sau cu joc.

Cu toate că producția de aparate de joasă tensiune cuprinde construcții foarte variate ca funcții, forme sau dimensiuni, destinația comună a pieselor îndeplinind aceleași funcțiuni permite stabilirea unor comunități în ceea ce privește construcția și tehnologia lor. Astfel, după caracteristicile constructive și tehnologice deosebim în alcătuirea majorității aparatelor electrice următoarele categorii de piese :

a. contacte și piese de contact ;
b. căi de curent rigide și flexibile ;
c. bobine serie sau derivație ;
d. circuite magnetice pentru curent continuu și alternativ ;
e. rezistoare și reostate electrice ;
f. izolații și piese izolante ;
g. piese și subansambluri mecanice (axe, pîrghii, arcuri, lagăre, angrenaje, carcase etc.).

Cartea își propune să prezinte tocmai elemente ale tehnologiilor de fabricație ale pieselor și subansamblelor categoriilor a—f, a căror funcționare este determinată atît de condițiile mecanice, cît și electrice. Pentru piesele din categoria g există o bibliografie bogată [2—5], atît în ceea ce privește construcția și funcționarea, cît și referitor la asamblarea și reglarea lor.

Se face precizarea că în lucrare, cu toate că se tratează elemente specifice construcției întreruptoarelor de joasă tensiune : contacte, legături flexibile, declanșatoare termice și electromagnetice etc., nu se explicitează problemele tehnologice ale asamblării lor, întrucît sînt preponderente cele ale asamblării mecanismelor, tratate în lucrările specifice construcției de mașini [3, 5, 7, 34].

Nu fac obiectul prezentului volum problemele fabricării pieselor ceramice și a camerelor de stingere utilizate în construcția echipamentelor de joasă tensiune, existînd cărți care, chiar dacă nu se referă explicit la acestea, tratează tehnologia

produselor ceramice, rețete și utilaje folosite în aceste domenii.

În afara elementelor specifice ale aparatelor electrice amintite mai sus, s-au dezvoltat și capitole privind fabricarea termobimetalelor, respectiv referitoare la tehnologia de asamblare a diverselor tipuri de elemente înlocuitoare ale siguranțelor fuzibile. În general, problemele tratate cuprind prezentarea materialelor uzuale și a formelor constructive mai des întîlnite, elemente ce condiționează stabilirea unui proces tehnologic tip, cu exemplificări ale acestuia, precum și unele utilaje și instalații cu ajutorul cărora se confecționează piese și subansamble ce intră în alcătuirea aparatelor de joasă tensiune.

1.1.2. CONSTRUCȚIA DE APARATE ELECTRICE CA RAMURĂ A CONSTRUCȚIEI DE MAȘINI

O mare parte din piesele unui aparat electric fiind confecționate din metale, prelucrarea acestora făcîndu-se conform procedeelor tehnologice din construcția de mașini, se poate considera [1] că fabricația echipamentelor electrice constituie una din ramurile ei.

Aceasta, deoarece chiar dacă piesele avînd același rol funcțional diferă de la o construcție de aparat la alta, obținerea lor se face prin aplicarea unor procese tehnologice convenționale, uzual întîlnite în construcția de mașini, ca de exemplu : turnare, laminare, ștanțare etc. și care diferă între ele doar prin utilajul, mediul și materialul de lucru folosit. Dar, la realizarea unui aparat electric în afara tehnologiei prelucrării metalelor, datorită caracteristicilor ce-l individualizează de un aparat mecanic trebuie, de asemenea, respectate tehnologiile :

— materialelor conductoare din punct de vedere electric ;

— realizării de piese din materiale electroizolante ;

— confecționării diferitelor tipuri de circuite magnetice ;

— controlului interoperații și final al pieselor și subansamblelor componente ;

— asamblării și reglării funcționale a fiecărui tip constructiv etc.

Complexitatea problemelor de fabricare rezultă și datorită particularităților fenomenelor ce se produc în unele aparate și anume : stingerea arcului electric de comutație, apariția de forțe electrodinamice și supratensiuni importante, încălzirea și eva-

cuarea căldurii produse în funcționare etc. și care determină solicitări suplimentare asupra elementelor componente. Rezultă, așadar, că fabricația echipamentelor electrice cuprinde o serie de particularități de care trebuie să se țină seama și că nu se pot aplica direct nici măcar procesele tehnologice referitoare la prelucrarea metalelor folosite în construcția de mașini, ci acestea trebuie adaptate pentru ca piesele obținute să corespundă rolului lor de a funcționa în bune condițiuni în instalațiile electrice.

Aceste particularități determină ca tehnologia fabricării aparatelor electrice să înglobeze în afara tehnologiei metalelor și pe cea a bobinajelor, a materialelor magnetice și izolante, cît și a asamblării lor.

1.1.3. ETAPELE ELABORĂRII PROCESELOR TEHNOLOGICE DE FABRICAȚIE A APARATELOR ELECTRICE

Pentru stabilirea procesului tehnologic este necesar, în primul rînd, desenul de execuție al fiecărei piese componente a ansamblului, desen completat cu toate datele necesare. Aceasta înseamnă că pentru fiecare piesă :

— să fie reprezentări ale acesteia în număr suficient de proiecții și secțiuni și, pe cît posibil, în mărime naturală (scara 1 : 1) ;

— să fie trecute toate cotele cu toleranțele necesare ;

— să aibă înscrisă mărimea rugozității pe toate suprafețele ;

— să cuprindă indicații asupra tratamentului termic ;

— să fie indicații asupra materialului din care se confecționează, precum și asupra procedeului de obținere al semifabricatului.

Se impune apoi studiul desenului de ansamblu din care face parte piesa, pentru a cunoaște rolul ei funcțional în aparat. Cu ajutorul lanțurilor de dimensiuni se vor analiza și verifica justețea toleranțelor prevăzute dimensiunilor îngrădite prin abateri.

Pe lîngă partea desenată, pentru stabilirea tehnologiei de fabricare a elementelor componente ale unui echipament electric trebuie să se cunoască :

— numărul de bucăți ce trebuie executate în unitatea de timp, pentru a putea stabili dacă execuția reperelor trebuie să

se facă pe linii de fabricație în flux continuu, pe grupe de instalații tehnologice sau pe utilaje individuale ;

— posibilitățile tehnice ale utilajelor de care se dispune, precum și gradul lor de încărcare, condiție care determină de cele mai multe ori conținutul proceselor tehnologice de fabricare a pieselor ;

— gradul de calificare al personalului muncitor, nivelul pregătirii profesionale a cadrelor influențînd asupra gradului de complexitate al proceselor de execuție neautomatizate ;

— procesele tehnologice tipizate pentru fiecare clasă de piese, care permit să se stabilească rapid tehnologia adecvată unui reper, eliminînd anumite operații prevăzute, dacă gradul de complexitate al piesei de executat este mai scăzut.

Ținînd cont de cerința obținerii de produse necesare societății în condiții tehnico-economice optime, un proces tehnologic tip se stabilește pe baza următoarelor considerații [2, 3] :

1. Cheltuielile de producție rezultate în urma aplicării lui trebuie să fie minime. Aceasta rezultă pentru un lot de piese de mărime optimă, costul lui fiind determinat din considerente tehnico-economice, în care intră : cheltuielile directe, indirecte, de pregătire-încheiere, precum și cele legate de imobilizarea mijloacelor circulante și de procurare a materialelor necesare.

2. Alegerea semifabricatului trebuie să se facă pe baza unui calcul economic, știind că prețul de cost al unui semifabricat va fi cu atît mai ridicat cu cît el va avea forma geometrică, dimensiunile, rugozitatea suprafeței etc. mai apropiate de caracteristicile piesei finite.

3. La stabilirea numărului de operații (faze), precum și a succesiunii lor trebuie să se țină seama de o serie de factori, dintre care menționăm :

— productivitatea impusă fabricației respective ;

— condițiile tehnice ce se cer pieselor de prelucrat ;

— dispunerea și numărul suprafețelor ce trebuiesc uzinate ;

— mărimea coeficientului de precizie impus, ca raport dintre toleranța semifabricatului și a piesei etc.

Pe baza factorilor enumerați se va preciza utilajul și sculele, dispozitivele, verificatoarele necesare executării fiecărei operații (faze) din alcătuirea procesului tehnologic de fabricație al reperului sau ansamblului.

4. Erorile de prelucrare pe un anumit utilaj nu trebuie să depășească toleranțele prevăzute pentru diferitele dimensiuni ale pieselor. După stabilirea succesiunii operațiilor (fazelor) de

prelucrare a elementelor componente ale aparatelor trebuie precizate bazele de prelucrare ale acestora. Dacă bazele tehnologice (de prelucrarea) nu coincid cu cele de măsurare indicate de proiectant se impune calcularea erorilor de bazare, iar dacă acestea depășesc toleranțele admisibile este necesar fie să se schimbe baza de așezare, fie să se prevadă execuția piesei pe alt utilaj.

5. Detalierea tehnologiei de execuție cuprinde în continuare :

— stabilirea regimului optim de fabricare (turație, avans, presiune, temperatura, durată etc.) ;

— precizia cu care rezultă fiecare operație.

6. Calcularea elementelor de normare a muncii. Pentru mărimea optimă a lotului de piese și ținînd cont de cele stabilite pînă în prezent se pot face calculele de normare tehnică pentru fiecare operație, rezultînd timpul de prelucrare (asamblare) unitar, precum și costul manoperei aferente la folosirea unui personal muncitor cu un anumit grad de calificare profesională.

7. Stabilirea schemei de organizare a fabricației. Pentru elaborarea acesteia se vor ține cont de :

— principiul mișcărilor pe distanțe minime și în flux ;

— executării simultane și sincronizate a operațiilor ;

— timpul sau materialul minim în procesul de fabricație.

Definitivarea unei anumite variante a procesului tehnologic se poate face prin parcurgerea tuturor etapelor și a respectării condițiilor exprimate prin acestea. Avînd în vedere cerința de optim tehnico-economic, este necesar să se elaboreze încă două-trei variante, ținînd seama de considerentele indicate la prezentul paragraf și să se aleagă dintre acestea varianta cea mai economică, pentru care se va întocmi documentația tehnologică. Aceasta cuprinde, în general, planurile de operații, fișa tehnologică, listele centralizatoare ale consumurilor de materiale, schemele de asamblare, instrucțiunile tehnologice de fabricare etc.

Întrucît, așa după cum s-a arătat la 1.1.2, fabricația aparatelor de joasă tensiune face parte din construcția de mașini în general, prezentăm doar elementele necesare stabilirii succesiunii operațiilor de prelucrare, respectiv asamblare ale părților specifice produselor ce fac obiectul acestei lucrări, precum și a unor utilaje specifice, celelalte părți fiind pe larg dezvoltate în manuale inginerești și lucrări de tehnologia construcțiilor de mașini [2—6, 9, 10].

1.2. PARTICULARITĂȚILE TEHNOLOGIEI APARATELOR ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

1.2.1. CARACTERISTICILE TEHNOLOGICE ALE FABRICAȚIEI APARATELOR ELECTRICE

Datorită particularităților constructive determinate mai ales de varietatea gabaritelor, destinațiilor sau cerințelor tehnice și economice pe care trebuie să le îndeplinească, tehnologia aparatelor electrice nu se reduce la anumite aspecte ale tehnologiei construcțiilor de mașini, ci prezintă atît caracteristici comune cu aceasta, cît și specifice.

Principalele caracteristici specifice care o individualizează față de construcția de mașini în general sînt :

Izolația electrică. Satisfacerea cerințelor impuse de izolarea dintre diferitele piese ale unui aparat sau dintre acestea și șasiul, în general legat pentru protecție la pămînt, se traduce prin creșterea ponderii procedeelor tehnologice de formare a pieselor din materiale plastice din totalul procedeelor tehnologice de prelucrare.

Bobinajele. Cerințele pe care trebuie să le îndeplinească bobinajele în ceea ce privește rezistența de izolație, rigiditatea și pierderile dielectrice, ca să enumerăm numai cîteva din proprietățile fizice care sînt determinante la utilizarea înfășurărilor din conductoare izolate, impun în mare măsură caracterul specific al tehnologiei bobinajelor și care nu se regăsesc în cadrul construcțiilor de mașini.

Căile de curent și piesele de contact. Cu toate că se folosesc, ca și în construcția de mașini, metale sau aliaje pentru căile de curent și contacte, conductibilitatea electrică și termică ridicată a acestora, rezistența lor mare la acțiunea arcului electric sau stabilitatea contra oxidării și sudării sînt cerințe cărora le corespund materiale puțin utilizate în construcțiile mecanice în general, motiv pentru care s-au dezvoltat și se aplică tehnologii specifice acestei utilizări.

Circuite magnetice masive, din tole și pulberi. Proprietățile magnetice ale materialelor metalice sau nemetalice utilizate în construcțiile electrotehnice au determinat dezvoltarea unor tehnologii și utilaje specializate, care nu sînt comune celor me-

canice, cu toate că fac apel la metode întîlnite și în construcția de mașini (de exemplu : laminarea, presarea etc.).

Privind lucrurile din punctul de vedere al asamblării, tehnologiile de asamblare au trăsături pronunțat specifice, dat fiind condițiile funcționale pe care trebuie să le îndeplinească acestea în exploatare.

Construcțiile de echipamente electrice, ca și construcțiile altor produse necesare societății trebuie să fie executate pe baza celor mai perfecționate procese tehnologice. O construcție de aparat este tehnologică dacă corespunde tuturor condițiilor de exploatare, fiind cea mai economică dintre variantele executabile. Cerințele construcției tehnologice sînt :

— aparatul să aibă o construcție simplă ;

— să se renunțe la prelucrarea cu precizie nejustificat de mare a unor părți ale pieselor ;

— forma și felul materialului pieselor trebuie stabilită pornind de la necesitatea unor costuri minime, corelate cu un înalt grad de utilizare a materialelor ;

— să se aleagă și să se utilizeze cele mai productive procese de fabricație specifice unui anumit volum al producției ;

— să fie asigurată o prelucrare și verificare facilă a pieselor și subansamblelor în timpul fabricării aparatului ;

— să se asigure locurile de muncă cu scule, dispozitive și verificatoare corespunzătoare, stabilindu-se totodată un flux judicios de circulație a pieselor ;

— să cuprindă în ansamblu cît mai multe piese cu caracteristici unificate, normalizate sau standardizate.

Pentru realizarea elementelor componente, pe baza procedeelor tehnologice specifice arătate mai sus, se impune existența și utilizarea următoarelor tipuri de utilaje specializate și speciale :

1. mașini de bobinat, semiautomate sau automate ;
2. instalații de uscare și impregnare a înfășurărilor ;
3. prese pentru confecționarea la rece sau la cald a diferitelor piese electroizolante ;
4. cuptoare pentru tratamente termice ;
5. prese, cu presiune mare de lucru, pentru ștanțarea circuitelor magnetice și rezistențelor, a orificiilor, a contactelor elastice etc. ;
6. mașini de sudare electrică, în puncte ;
7. utilaje pentru confecționarea elementelor rezistențelor electrice ;

8. instalațiile pentru magnetizarea, demagnetizarea magneților permanenți ;
9. mașini de izolat, acoperit conductoare sau înfășurări ;
10. utilaje pentru încercări și reglări electrice ale componentelor sau subansamblelor etc.

Tipurile speciale și specializate de utilaje impun și existența unor scule și dispozitive speciale, ca de exemplu :

1. șabloane pentru înfășurarea bobinelor fără carcasă ;
2. dispozitive pentru îndoirea pe lat sau pe muchie a conductoarelor în formă de bare ;
3. forme pentru presarea pieselor electroizolante sau a pieselor din pulberi ;
4. stanțe pentru diferite piese sau operații ;
5. dispozitive de control ;
6. dispozitive de asamblare etc.

Pentru realizarea preciziei dimensionale a pieselor componente, necesare atît îndeplinirii corecte a funcțiunilor cît și asigurării interschimbabilităților în condițiile în care precizia de prelucrare este dată de cîmpul de toleranță, se utilizează în general clasele de precizie IT șapte și opt [1, 3, 8].

Majoritatea pieselor aparatelor electrice care formează ajustaje se asamblează în sistemul de ajustaj cu alezaj unitar, formînd în general ajustaje cu joc. Excepție de la aceasta o constituie locașurile pentru rulmenți și lagărele de alunecare ale axelor trase la rece, utilizate în construcția întreruptoarelor de joasă tensiune la care prelucrarea se face în sistemul de ajustaj arbore unitar. Suprafețele conjugate ale pieselor, la care jocurile trebuie să fie reduse pentru funcționare îndelungată (număr de manevre ridicat), ca și ale celor ce intră în compunerea mecanismelor de precizie trebuie prelucrate după clasa de precizie șapte. Celelalte piese care intră în alcătuirea aparatelor de joasă tensiune. se pot confecționa cu o precizie corespunzătoare clasei a opta. Există însă și cazuri cînd trebuie fabricate piese cu toleranțe mai reduse corespunzătoare clasei șapte, ca, de exemplu, piesele fixate pe axe prin stîngere fără utilizarea elementelor de legătură. În cazul pieselor care alunecă pe pana axei cu joc minim, însă care nu se rotesc și care nu transmit momente de rotație, clasa de precizie recomandată prelucrării poate fi zece.

Piesele și părțile pieselor care prezintă dimensiuni libere se pot executa cu toleranțele claselor de precizie 12—16 sau în conformitate cu STAS 2300-75.

1.2.2. FORMELE ȘI STRUCTURA PRODUCȚIEI DE APARATE ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

Ca și în construcția de mașini și în construcția de aparate electrice, în funcție de volumul producției deosebim trei sisteme de fabricație :

— în masă ;
— în serie ;
— unitară.

În conformitate cu această clasificare, nomenclatura produselor în graficul de producție al unei întreprinderi sau secții este variată în cazul producției unitare, conține multe tipuri în cazul producției de serie, respectiv puține tipuri la producția de masă. Producția specifică pe unitatea de suprafață a întreprinderii (secției), ca și productivitatea muncii crește de la producția unitară la producția în serie și de masă.

De asemenea, durata ciclului de fabricație scade pe măsura trecerii de la producția unitară spre producția de masă, iar calificarea predominantă a personalului direct productiv necesară este înaltă pentru producția unitară și medie pentru producția de serie.

În funcție de formele sistemului de producție (de masă, de serie sau individuală), procesul tehnologic al fabricării aparatelor electrice poate varia în limite largi, avînd în vedere realizarea fabricației în condiții optime din punct de vedere al productivității muncii și al prețului de cost.

La stabilirea tehnologiei de fabricație, în funcție de sistemul de producție trebuie ținut seama de următoarele criterii :

1. Divizarea sau concentrarea operațiilor. La fabricația unitară piesele se prelucrează pe un număr relativ mic de utilaje, prelucrarea făcîndu-se cu o singură sculă. Pentru producția de serie mare și de masă prelucrarea se face cu scule combinate sau cu mai multe scule simultan.

2. Precizia de prelucrare trebuie să fie cu atît mai ridicată cu cît planul de producție este mai mare, pentru asigurarea interschimbabilității pieselor la asamblare.

3. Gradul de calificare al personalului poate fi mai scăzut la producția de masă executată pe instalații mecanizate și automatizate, însă trebuie să fie ridicat la executarea, de exemplu, a prototipurilor.

4. Utilajele universale se folosesc la fabricația individuală pentru că se pot executa pe acestea un număr foarte mare de operații și piese diferite, asigurîndu-se în acest fel ocuparea

permanentă a mașinii, iar utilajele speciale și specializate sînt rentabile la loturile mari de produse cînd costurile instalațiilor se amortizează, repartizîndu-se pe un număr mare de obiecte fabricate.

5. Dotarea cu scule, dispozitive și verificatoare speciale se face în cantități și grade de complexitate mai mari cu cît loturile sînt mai mari.

6. Organizarea producției se face pe ateliere mai specializate cu cît sistemul de fabricație cuprinde loturi mai mari de produse.

Varietatea procedeelor tehnologice care intervin în producția de aparate electrice face ca în structura fabricilor de asemenea produse să apară un număr mare de secții, dintre care unele avînd specificul tehnologic al construcției de mașini (secții de turnătorie, de prelucrare mecanică, de ștanțare, de prelucrarea materialelor plastice etc.), iar altele specifice funcționării lor în instalații electrice (secții de bobinaj, de circuite magnetice, de impregnare, de montaj și încercare etc.). Variantele de organizare a fabricației, care cuprind sub o formă sau alta secțiile sau funcțiunile tehnologice ale secțiilor de producție menționate anterior, depind de specializarea profilului de fabricație la un anumit tip constructiv-tehnologic de aparat, de gradul de integrare, de volumul anual de producție, de construcția finită sau semifinită în vederea integrării într-un bloc complex etc.

Pe lîngă aceste secții direct productive, și în structura fabricilor de aparate electrice trebuie să existe secții auxiliare care nu participă la procesul tehnologic de fabricație, însă sînt strict necesare bunei desfășurări a acestuia (sculăria, întreținerea și reparațiile etc.), gospodăria energetică, compartimentele tehnice și administrative.

1.3. TENDINȚE ACTUALE DE INTRODUCERE A TEHNOLOGIILOR NOI ȘI DE RAȚIONALIZARE A CELOR EXISTENTE ÎN CONSTRUCȚIA APARATELOR ELECTRICE

1.3.1. INTRODUCEREA PROCESELOR TEHNOLOGICE CU PRODUCTIVITATE RIDICATĂ ȘI CU CONSUM DE MATERIALE REDUS

Ponderea cea mai mare în fabricație o au procesele tehnologice de prelucrare dimensională și a suprafețelor pieselor componente, față de procesele tehnologice de tratamente ter-

mice, de acoperiri superficiale și de asamblare. Mărirea productivității în construcția de aparate de joasă tensiune se poate, deci, influența în principal prin mărirea productivității proceselor de prelucrare specifice construcției de mașini, cît și prin modernizarea proceselor tehnologice caracteristice fabricației părții electrice ale ansamblurilor ce ne interesează. În ceea ce privește procedeele comune construcției de mașini, procesele de prelucrare a pieselor, din punctul de vedere al modului de generare a suprafețelor, se clasifică în procese tehnologice :

a. cu interacțiune sculă-semifabricat punctiformă (strunjire, frezare etc.),

b. cu interacțiune sculă-semifabricat lineară (presare pe șablon, ambutisare etc.),

c. cu interacțiune sculă-semifabricat superficială (ștanțare, calibrare etc.),

d. cu interacțiune sculă-semifabricat în volum (turnare, presare, trefilare etc.).

După clasificarea de mai sus, se observă că mărirea productivității fabricației pieselor se poate realiza prin înlocuirea proceselor tehnologice de prelucrare cu interacțiune punctiformă (strunjire, burghiere etc.) cu cele de prelucrare cu interacțiune pe una sau mai multe suprafețe, concomitent (ștanțare, turnare de precizie, presare etc.).

Totodată, procesele tehnologice de prelucrare cu interacțiune pe una sau mai multe suprafețe ale pieselor componente reduc consumul de material necesar confecționării, prin micșorarea cantității de material ce se îndepărtează din semifabricat pentru obținerea piesei finite. Nu se pot însă rezolva toate problemele producției de aparate electrice fără folosirea așchierii, însă în acest caz trebuie adoptate procedee cu productivitate ridicată și care nu necesită îndepărtarea unei cantități considerabile de material. Dintre acestea amintim :

— tragerea, fasonarea, laminarea și extrudarea pieselor în formă de axe sau bare ;

— prelucrarea prin eroziunea electrică, chimică, electrochimică, cu laser sau în cîmp ultrasonic a pieselor cu profil complex ;

— tăierea cu jet de fluid a materialelor nemetalice ;

— prelucrarea metalelor prin așchiere cu viteze de tăiere mari (de pînă la 20—30 m/s) ;

— rectificarea rapidă etc.

Problema creșterii productivității muncii nu poate fi însă privită ca o problemă pur tehnică, ci este strîns legată atît de problemele organizatorice, cît și de cele economice ale producției. Creșterea productivității muncii se poate obține prin următoarele categorii de măsuri :

A. Reproiectarea produsului, realegerea semifabricatelor și materialelor.

B. Îmbunătățiri cu caracter organizatoric, orientate spre eliminarea pierderilor de timp (îmbunătățirea deservirii locului de muncă, transportul pieselor de la un loc la altul, așezarea și fixarea pieselor în dispozitive etc.).

C. Raționalizarea tehnologiilor.

Ținînd cont de clasificarea făcută la începutul prezentului paragraf, se vor enumera cîteva procedee tehnologice utilizate în construcția de aparate electrice pentru productivitatea lor mai ridicată :

1. Turnarea sub presiune din aliaje de aluminiu a carcaselor și șasiurilor diverselor aparate electrice.

2. Formarea pieselor de contact și a unor circuite magnetice prin agregare de pulberi.

3. Refularea la rece a pieselor suport de contact sau a celor de fixare.

4. Placarea tablelor bimetalice pentru confecționarea contactelor elastice sau a elementelor termobimetalice.

5. Presarea pieselor electroizolante.

6. Fixarea prin extrudare a căilor de curent rigide din construcția aparatelor electrice.

7. Imprimarea de nervuri și ștanțare simultană a rezistențelor electrice din tablă.

8. Realizarea circuitelor magnetice din tablă, prin spiralizare.

9. Realizarea carcaselor siguranțelor fuzibile cu mare putere de rupere din mase plastice prin turnare.

10. Asamblarea aparatelor electrice utilizînd compensator fix sau reglabil etc.

Productivitatea, atît a muncii manuale, cît și a utilajului tehnologic folosit poate fi și mai mult ridicată dacă se prelucrează simultan mai multe piese la fiecare cursă utilă a acestuia. Cea mai mare creștere a productivității se asigură la prelucrarea pe linii tehnologice automate, cale folosită curent în cazul sistemului de fabricație în masă.

1.3.2. REDUCEREA CONSUMURILOR DE ENERGIE ȘI ACCELERAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE LUNGĂ DURATĂ

Reducerea consumului de energie necesară fabricării unui produs reprezintă în faza actuală una din căile de modernizare și de sporire a eficienței producției industriale, în care se include și fabricarea aparatelor electrice. Pentru atingerea acestui scop, sînt două căi principial diferite de urmat : una organizatorică, de micșorare a pierderilor de energie și alta tehnologică, de revizuare a procesului tehnologic, de elaborare a încă douătrei variante ale acestuia și de alegere dintre acestea a variantei cu consum energetic și cost, cel mai redus.

Mărirea productivității utilajului existent și micșorarea consumului de energie se poate face și prin accelerarea proceselor tehnologice de lungă durată, bineînțeles fără înrăutățirea calității produselor obținute în urma aplicării acestora. Dintre procesele tehnologice și soluțiile tehnice ce se întîlnesc în construcția aparatelor și care se pretează la modernizarea în sensul reducerii consumurilor energetice, se amintesc cîteva :

1. Magnetizarea prin impulsuri a pieselor pentru magneți permanenți. Înlocuirea metodei de magnetizare a pastilelor magnetice ce utilizează electromagneți puși sub tensiune pe o durată de 1—2 s pentru fiecare magnetizare de piesă, cu instalații de magnetizare cu impulsuri de curent la care durata impulsului pentru realizarea aceluiași efect este cuprinsă între o miime și o sutime de secundă, conduce la importante economii de energie electrică, mai ales în cazul unor coeficienți mari de încărcare a instalației de magnetizare, determinate de un plan mare de fabricație [47].

2. Fabricarea și utilizarea pe scară tot mai largă a maselor plastice de mare tenacitate și armate. Folosirea acestor materiale va reduce cheltuiala de energie similar cu raportul dintre consumurile energetice pentru producerea unei unități de volum, 80—150 kcal/cm^3 la metale și sub 50 kcal/cm^3 la masele plastice [11].

3. Economisirea energiei prin utilizarea tablelor de ferosiliciu cu pierderi specifice reduse. Realizarea circuitelor magnetice din tole de diferite grosimi presupune rezolvarea unor probleme tehnico-economice, a unei combinații între cheltuieli și

eficiență. Astfel, trebuie ținut cont de faptul că la creșterea grosimii de laminare cu cîteva miimi de milimetru prețul de fabricație al tablei se poate reduce substanțial, cît și de faptul că folosirea tablei silicioase „complet prelucrate" (recoapte în uzina de fabricare pentru eliminarea tensiunilor reziduale) elimină cheltuielile legate de tratamentul termic sau înrăutățirea proprietăților magnetice ca urmare a recoacerii necorespunzătoare. În afara acestor măsuri, trebuie ținut cont de faptul că pierderile prin căldură în funcționarea circuitelor magnetice ale aparatelor electrice înseamnă de fapt o risipă de energie.

4. Încălzirea prin înaltă frecvență a maselor plastice și a pulberilor de sinterizat în vederea formării (prelucrării) lor. Deoarece la utilizarea înaltei frecvențe căldura apare în interiorul materialelor supuse încălzirii, adică chiar acolo unde este direct întrebuințată, durata proceselor tehnologice de prelucrare se poate reduce de peste zece ori față de încălzirea cu rezistențe electrice.

5. Impregnarea ciclică în vid și sub presiune a bobinelor. Alternarea, la intervale scurte de timp, a vidului cu presiunea asigură o impregnare adîncă și perfectă a bobinelor supuse acestei operații, reducînd durata ciclului de impregnare de 8—10 ori.

6. Uscarea cu raze infraroșii. Procesul de uscare a acoperirilor cu lacuri și vopsele și de încălzire a pieselor este de lungă durată în cazul utilizării unor sisteme de încălzire clasice. Prin transmiterea căldurii sub formă de energie radiantă se asigură o uscare de la straturile inferioare spre cele superioare, micșorîndu-se considerabil consumul specific de energie folosită pentru uscare, corelat totodată cu scurtarea duratei de încălzire și de uscare de la 3 pînă la 10 ori.

Creșterea și diversificarea fabricației aparatelor electrice, condiție necesară dezvoltării armonioase a celorlalte ramuri ale economiei naționale care folosesc energie electrică, deci și aparate de comandă, reglare sau automatizare, impune dezvoltarea cercetării tehnologice pentru căutarea celor mai economice procese de fabricație, care să asigure satisfacerea timp îndelungat a condițiilor tehnice impuse funcționării piesei sau întregului ansamblu, cu un consum de materiale și de energie cît mai scăzut.

1.3.3. MECANIZAREA ȘI AUTOMATIZAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE FABRICAȚIE A APARATELOR ELECTRICE

Analizarea normelor de timp ale multor aparate din producția de serie permite să se constate că o pondere mare în aceasta o au timpii auxiliari, de deservire tehnică și organizatorică a locului de muncă [1, 3]. Micșorarea acestor timpi se poate face prin :

— reducerea numărului de prinderi și desprinderi ale piesei, în și din instalația de prelucrat ;

— utilizarea mașinilor cu posturi de încărcare ;

— înlocuirea dispozitivelor de strîngere manuală a semifabricatelor în vederea prelucrării sau asamblării cu dispozitive cu strîngere automată (prese pneumatice sau electromagnetice, dispozitive de înșurubat pneumatice etc.) ;

— utilizarea dispozitivelor mecanizate de evacuare a așchiilor sau bavurilor ;

— reducerea timpilor de reglare a mașinii, instalației etc.

Mecanizarea și automatizarea proceselor tehnologice de fabricație a elementelor componente sau chiar a ansamblurilor de aparate electrice constituie actualmente singura cale de dezvoltare cu eficiență ridicată a producției de asemenea echipamente, asigurîndu-se atît precizia de realizare din ce în ce mai ridicată a pieselor și subansamblelor ce le alcătuiesc, cît și o productivitate înaltă a fabricației, valabilă în toate tipurile de producție.

În legătură cu posibilitățile crescînde ale tehnologiei de a produce echipamente din ce în ce mai perfecționate și cu manoperă redusă, se menționează următoarele direcții :

1. Introducerea și utilizarea mașinilor-unelte cu comandă numerică, care asigură o precizie înaltă a operațiilor de prelucrare a pieselor, independent de factorii subiectivi legați de operator.

2. Folosirea calculatoarelor electronice de proces, pentru optimizarea regimurilor de fabricație.

3. Activitatea de verificare a calității producției, să fie înlocuită cu „sistemul de asigurare a calității", care să cuprindă ansamblul de mijloace care să contribuie la realizarea produsului în cea mai strictă conformitate cu cerințele funcționale și economice care au stat la baza conceperii lui.

4. Aplicarea pe scară din ce în ce mai largă a „tehnologiilor neconvenționale" (utilizarea în procesele de prelucrare a descărcărilor electrice și plasmei, a erodării electrochimice, a fascicolului de electroni, a laserului etc.).

5. Organizarea de linii tehnologice în flux continuu, atît în producția de serie mare și de masă, cît și în producția de unicate și de serie mică prin aplicarea principiilor tehnologiei de grup etc.

Cu toate acestea, datorită evoluției continue a progresului științei și tehnicii, se vor descoperi noi tehnologii de fabricare care să asigure produselor condiții de calitate din ce în ce mai pretențioase (parametrii funcționali și de exploatare superiori, fiabilitate ridicată în exploatare, aspect exterior cît mai plăcut etc.), în același timp cu scăderea continuă a costurilor de fabricație.

2. PIESELE DE CONTACT ȘI PĂRȚILE COMPONENTE ALE ACESTORA

2.1. MATERIALE UTILIZATE LA CONSTRUCȚIA CONTACTELOR

Materialele utilizate astăzi în construcția contactelor electrice se pot grupa, conform tabelului 2.1, în metale, aliaje și amestecuri.

Tabelul 2.1

Materiale folosite la contacte

Metalele pure	Aliaje de două metale	Aliaje de mai multe metale	Amestecuri		
			Amestecuri de metale	Metale cu amestecuri de metale	Metale cu nemetale
Ag	AgNi 0,15 AgCu 3 AgCu 5—28 AgCd 5—20 AgPd 3—50 AgAl	AgMgNi AgCdNi AgCdCu AgCuNi AgCdCuNi	AgNi 10—40 AgW 30—90 AgMo 30—80 AgCo AgNiCd	AgCdO AgWC AgPbO $AgSnO_2$ AgZnO $AgFeO_3$	AgC 0,5—15 AgNiC AgWC
Au	AuAg 10—30 AuPt 10 AuNi 5 AuCu AuIn	AuAg26Ni3 AuAg23Cu19			

Metalele pure	Aliaje de două metale	Aliaje de mai multe metale	Amestecuri		
			Amestecuri de metale	Metale cu amestecuri de metale	Metale cu nemetale
Pt	PtIr 10—25 PtNi 8 PtW 5 PtAg PtAu	PtAgAl AuBBeCd			
Rh	RhNi				
Cu	CuAg 1—7 CuSn CuZn CuNi CuAu	CuAgC CuNiZn CuSnZn	CuW 30—90 CuMo30—80 CuCr Cu Pb CuV	CuWC 30—80	Cu C (CuSn) C
W	WRe		WCu 10—70 WAg 10—70 WNiAg WNiCu	WCCu 20—70 WCAg 20—70	
Mo	MoRe		MoCu 20—70 MoAg 20—70		
Ni					

Notă. Cifrele reprezintă procente din constituentul respectiv.

Dintre metale, argintul are cea mai mare importanță, avînd domeniul cel mai mare de utilizare. El are multe proprietăți avantajoase și poate fi folosit atît în tehnica curenților slabi, cît și în cea a curenților tari. La aparatele de curenți slabi se utilizează des aurul și platina. Cuprul și wolframul au proprietăți ce impun folosirea lor mai ales în tehnica curenților tari. La contactele glisante se utilizează carbonul sub formă de grafit în amestecuri.

La numărul relativ restrîns de metale folosite corespunde un număr mare de aliaje, recomandate pentru construcția contactelor electrice, ceea ce permite obținerea unor serii de avantaje. În comparație cu metalele, aliajele au o duritate mai mare, o migrație mai redusă de material, se uzează mai puțin și se sudează și se lipesc mai greu. Amestecuri obținute din pulberi prin presare și sinterizare permit obținerea unor proprietăți

bune electrice și termice și în același timp prezintă o uzură mai redusă.

Principalele proprietăți ale metalelor, aliajelor și amestecurilor celor mai uzuale materiale utilizate la fabricarea contactelor sînt date în tabelele 2.2-2.4.

Tabelul 2.2

Proprietățile metalelor folosite la contacte

Metalul	Densitatea la 20 °C kg/m³	Punctul de topire °C	Punctul de fierbere °C	Conductivitatea electrică la 20 °C 1/Ωm	Conductivitatea termică la 20 °C W/m °C	Duritatea la 20 °C N/mm²	
						moale	recopt
Ag	$10{,}5 \cdot 10^3$	960,8	2 210	$60 \cdot 10^6$	418	294,3	686—1030
Au	$19{,}3 \cdot 10^3$	1 063	2 970	$43 \cdot 10^6$	296,78	176,5	490—638
Pt	$21{,}4 \cdot 10^3$	1 769	4 530	$9{,}3 \cdot 10^6$	71,06	392	735—1177
Pd	$12{,}0 \cdot 10^3$	1 552	3 980	$9 \cdot 10^6$	71,06	392	735—1177
Rh	$12{,}4 \cdot 10^3$	1 966	4 500	$22 \cdot 10^6$	87,78	1 275	2 450—3 924
Cu	$8{,}9 \cdot 10^3$	1 083	2 595	$58 \cdot 10^6$	392,92	490	882—1128
W	$19{,}3 \cdot 10^3$	3 410	5 930	$18 \cdot 10^6$	167,20	2 452	3 530—4 100
Mo	$10{,}2 \cdot 10^3$	2 610	5 560	$19 \cdot 10^6$	142,12	1 471	2 550—3 924
Re	$21{,}0 \cdot 10^3$	3 180	5 900	$5 \cdot 10^6$	71,06	2 452	3 433—6 867
Ni	$8{,}9 \cdot 10^3$	1 453	2 730	$14 \cdot 10^6$	91,96	784	1 765—2 452

Tabelul 2.3

Proprietățile aliajelor folosite la contacte

Aliajul	Densitatea la 20 °C kg/m³	Punctul de topire °C	Conductivitatea electrică la 20 °C 1/Ωm	Conductivitatea termică la 20 °C W/m °C	Duritatea la 20 °C N/mm²	
					moale	recopt
AgNi 0,15	$10{,}5 \cdot 10^3$	960	$58 \cdot 10^6$	413,82	392,4	784—1 079
AgCu 3	$10{,}4 \cdot 10^3$	900	$54 \cdot 10^6$	367,84	392,4	883—1 373
AgCu 5	$10{,}4 \cdot 10^3$	865	$51 \cdot 10^6$	334,40	490,5	883—1 471
AgCd 5	$10{,}4 \cdot 10^3$	935	$31 \cdot 10^6$	196,46	294,3	784—1 177
AgPd 30	$10{,}9 \cdot 10^3$	1 160	$6{,}5 \cdot 10^6$	58,52	637,6	1 373—1 765
AuAg 20	$16{,}5 \cdot 10^3$	1 035	10^7	326,04	343,3	983—1 128
AuAg26Ni3	$15{,}4 \cdot 10^3$	1 010	$9 \cdot 10^6$	58,52	931,9	1 177—1 667
AuNi 5	$18{,}5 \cdot 10^3$	1 000	$7 \cdot 10^6$	83,60	981	1 471—1 864
AuPt 10	$19{,}5 \cdot 10^3$	1 100	$8 \cdot 10^6$	54,34	441,4	883—1 128
PtIr 10	$21{,}6 \cdot 10^3$	1 785	$4 \cdot 10^6$	29,26	1 030	1 716—2 109
PtNi 8	$19{,}1 \cdot 10^3$	1 650	$3{,}4 \cdot 10^6$	—	1 569,6	1 962—3 433
PdCu 15	$11{,}3 \cdot 10^3$	1 370	$2{,}5 \cdot 10^6$	—	882,9	1 765—2 158

Tabelul 2.4

Proprietățile amestecurilor folosite la contacte

Materialele	Densitatea la 20 °C, kg/m³	Punctul de topire °C	Conductivitatea electrică la 20 °C 1/Ωm	Duritatea la 20 °C N/mm²	
				moale	recopt
AgNi 10	$10{,}1 \cdot 10^3$	960	$54 \cdot 10^6$	490,5	882—1 275
AgW 30	$12{,}0 \cdot 10^3$	960	$40 \cdot 10^6$	637,6	1 079
AgMo 50	$10{,}2 \cdot 10^3$	960	$31 \cdot 10^6$	981	1 373
AgCdO 10	$10{,}1 \cdot 10^3$	960	$45 \cdot 10^6$	588,6	1 079—1 373
AgWC 20	$11{,}2 \cdot 10^3$	960	$40 \cdot 10^6$	784,8	981
AgC 0,5	$10{,}2 \cdot 10^3$	960	$55 \cdot 10^6$	392,4	—
CuW 40	$10{,}8 \cdot 10^3$	1 083	$40 \cdot 10^6$	882,9	1 275
CuMo 50	$9{,}5 \cdot 10^3$	1 083	$40 \cdot 10^6$	1 275,3	—

Funcționarea corespunzătoare a contactelor depinde nu numai de alegerea corectă a materialelor folosite ci și a suportului. Acesta trebuie să aibă o conductivitate electrică și termică bună, temperatură ridicată de topire, bune proprietăți anticorosive, ca și o elasticitate corespunzătoare. Cuprul și aliajele sale constituie în marea majoritate a cazurilor soluția cea mai recomandabilă. Se mai utilizează fierul, nichelul și aliajele lor.

Pentru a asigura o bună funcționare a aparatelor electrice, este necesar să se întrebuințeze pentru contacte materialele ce satisfac cerințele impuse regimurilor de funcționare ale aparatelor, în funcție de condițiile de lucru și anume : rezistivitate redusă, rezistență de contact mică, stabilitate ridicată contra oxidărilor, sudurii și uzurii, proprietăți elastice bune. Dintre metalele, aliajele și amestecurile prezentate în tabelul 2.1, cu proprietățile principale reprezentate în tabelele 2.2-2.4, se utilizează cel mai frecvent :

— cuprul tare, sub formă de benzi, bare, țevi, table, sîrmă sau lingouri, STAS 270-74 ;

— argintul și aliajele lui cu metale nobile sub formă de sîrmă, benzi și table, STAS 8903-71, STAS 8904-71 ;

— bimetale de argint-cupru sau argint-oțel laminate împreună sub formă de sîrmă, benzi sau bare ;

— materiale metaloceramice obținute din pulberi presate și tratate termic la temperaturi înalte, din diferite materiale (tabelul 2.1), sub formă de plăci și discuri ;

— alămuri, mai ales turnate, pentru piese de formă complicată, care cer o rezistență mecanică ridicată și forțe de frecare reduse la contactele alunecătoare, STAS 95-75 ;

— compoziții din cărbune-cupru grafitat, turnate în diferite forme ;

— metalele rare și aliajele lor.

2.2. FORMELE CONSTRUCTIVE ALE CONTACTELOR APARATELOR ELECTRICE

Contactele se realizează sub variate forme constructive, clasificîndu-se în trei mari categorii :

a) **Contacte fixe,** ce se pot realiza sub formă nedemontabilă, prin sudare sau lipire (figura 2.1), sau demontabilă, prin șuruburi și piulițe (figura 2.2).

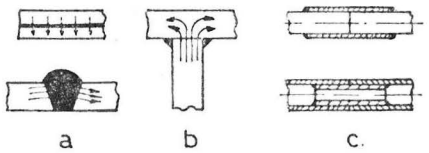


Fig. 2.1. Contacte fixe nedemontabile : a — sudate în prelungire ; b — sudate în colț ; c — sudate cu eclise.

La contactele nedemontabile (figura 2.1), realizate prin lipire sau sudare trebuie ca suprafața de sudare să fie mai mare decît secțiunea transversală a pieselor ce se sudează. La contactele demontabile (figura 2.2) este important ca forța de contact să fie suficientă pentru a realiza o presiune corespunzătoare de contact și care să nu scadă în timp.

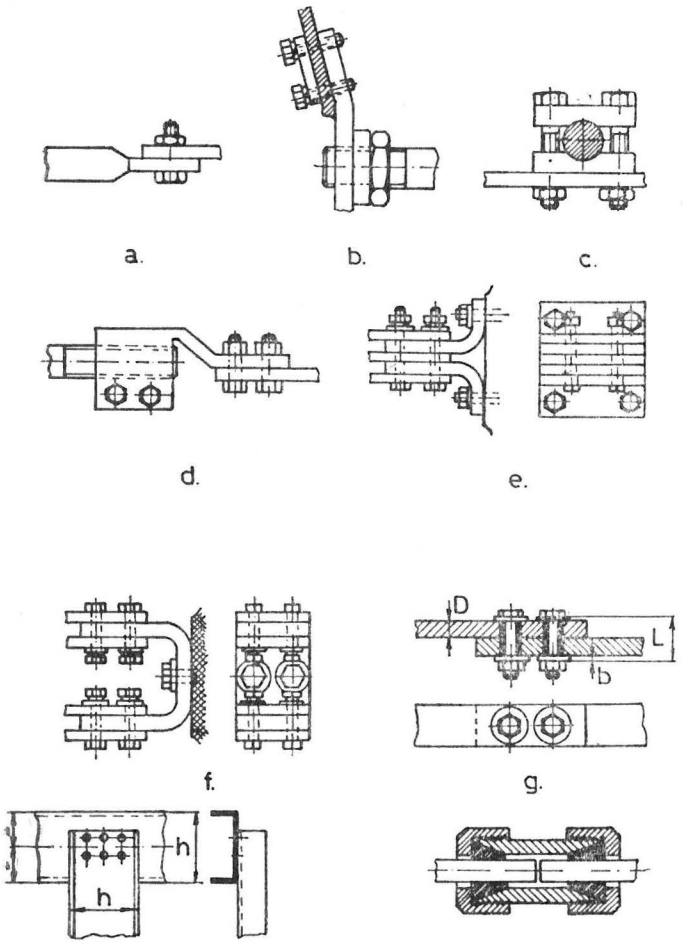


Fig. 2.2. Contacte fixe nedemontabile : a, b, c, d — legături dintre un conductor plan și un conductor rotund ; e, f, g, h — legături între conductoare plane ; i — legături între conductoare rotunde.

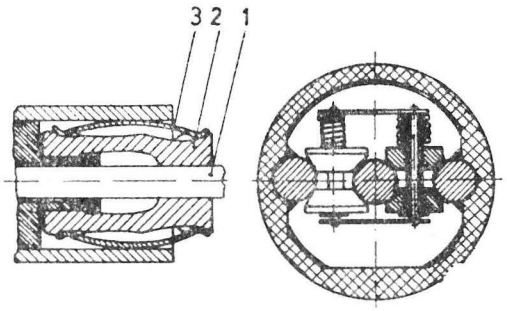


Fig. 2.3. Contacte alunecătoare și glisante : a — contact alunecător; b — contact glisant cu role; 1 — tijă de ghidare; 2 — piesă de contact; 3 — resort lamelar.

b) **Contacte alunecătoare sau glisante,** ce servesc realizării legăturii electrice continue în cazul unor piese în mișcare, prezentate în figura 2.3.

c) **Contacte de întrerupere,** ce funcționează în două regimuri : conectat și deconectat. La contactele de comutație ale aparatelor electrice de curenți tari în procesul tranzitoriu de conectare și deconectare apare arcul electric, precum și vibrația contactelor, fenomene periculoase în special în cazul unor curenți intenși de scurtcircuit.

Aceste contacte se pot realiza sub formă de punte cu două locuri de întrerupere, în special în construcția contactoarelor cu mișcare de translație (figura 2.4) sau cu un singur loc de întrerupere la contactoarele și întrerupătoarele cu mișcare de rotație (figura 2.5). La curenți mari se folosesc două contacte, unul fiind de arc și celălalt, cu o conductivitate electrică mare, de lucru (figura 2.6).

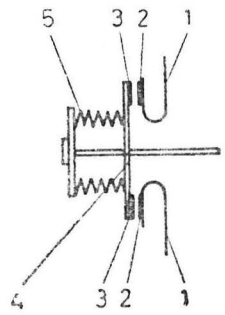


Fig. 2.4. Cale de curent cu două locuri de întrerupere : 1 — suport contacte fixe; 2 — contact fix; 3 — contact mobil; 4 — suport contact mobil; 5 — resort de contact.

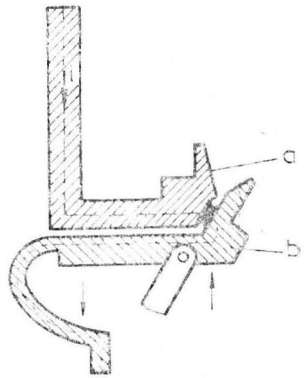


Fig. 2.5. Cale de curent cu un singur loc de întrerupere : a — contactul fix; b — contactul mobil.

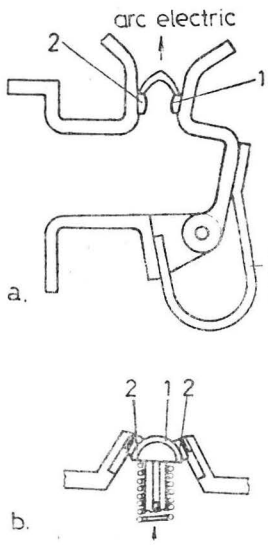


Fig. 2.6. Construcții de contacte pentru întreruptoare : a — contacte de rupere; b — contacte de lucru; 1 — contact mobil; 2 — contact fix.

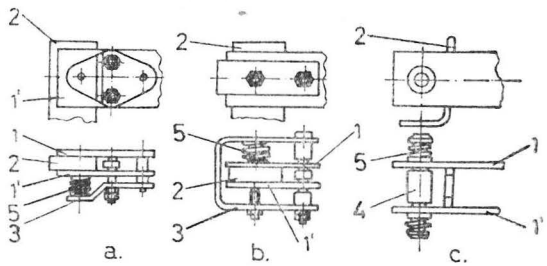


Fig. 2.7. Forme constructive de contacte utilizate la separatoare : 1 — contact mobil sub formă de șină ; 2 — contact fix ; 3 — scoabă ; 4 — bucșă de distanțare ; 5 — resort de contact.

La separatoare, la care contactele se închid și se deschid cînd circuitul nu este parcurs de curent, o soluție constructivă prevede utilizarea unui contact mobil sub forma a două șine paralele, (figura 2.7). Forța de apăsare necesară se realizează prin elasticitatea contactului fix și cu ajutorul unor resorturi.

2.3. TEHNOLOGIA FABRICĂRII CONTACTELOR DIN MATERIALE TRASE SUB FORMĂ DE SÎRMĂ SAU DIN BARE

Pentru confecționarea contactelor din material tras sub formă de sîrme sau bare se întrebuințează, în principiu, trei procese tehnologice :

— refularea la rece la prese de refulat ;

— presarea la cald, la ciocane de presat, pe mașini orizontale de forjat sau la prese ;

— strunjirea, pe strunguri automate sau pe strunguri revolver.

Contactele astfel realizate sînt confecționate pentru intensități foarte diferite, de la fracțiuni de amperi la sute de amperi. Principalele lor forme constructive sînt :

a) Contacte în formă de nit confecționate din metale prețioase (Ag, Au) și aliajele lor. Fiind utilizate în construcția aparatelor pentru curenți slabi, ele au dimensiuni mici și din această cauză se întrebuințează materiale sub formă de sîrmă, iar fixarea lor în găurile suporturilor de contact se obține prin nituire. Ele se pot construi sub formă de nituri masive (figura 2.8), realizate în întregime din materiale de contact și nituri placate (figura 2.9), formate din bimetale, la care o parte din capul nitului se realizează din material de contact, iar restul

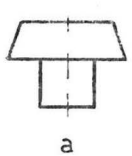


Fig. 2.8. Contacte sub formă de nit, masive : a — plane ; b — sferice.

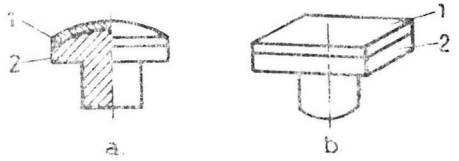


Fig. 2.9. Contacte sub formă de nit, bimetalice : a — sferic ; b — plan ; 1 — contact ; 2 — suport de contact.

din alt material, în general cupru. Principalele dimensiuni ale contactelor sub formă de nit sînt prezentate în figura 2.10, iar toleranțele admisibile în tabelul 2.5.

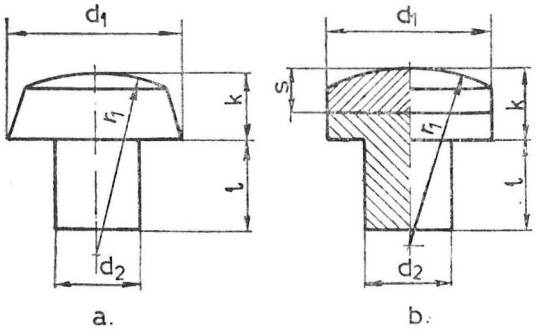


Fig. 2.10. Elementele geometrice ale contactelor sub formă de nit : a — masive; b — bimetalice.
d_1 — *diametrul capului;* k — *înălțimea capului;* l — *lungimea piciorului;* d_2 — *diametrul piciorului;* r_1 — *raza de curbură a capului;* s — *grosimea materialului de contact.*

Tabelul 2.5

Toleranțele recomandate la realizarea contactelor sub formă de nit (DIN 46239)

Dimensiuni / Toleranțe recomandate mm	Diametrul capului d_1	Înălțimea capului k	Lungimea piciorului l	Diametrul piciorului d_2
	±0,1	+0,1	+0,15	−0,1
Excentricitatea maximă între axa capului nitului și axa piciorului nitului	7 % din d_1			

Niturile placate sub formă de bimetale permit economisirea materialelor nobile, fără înrăutățirea proprietăților de contact. Grosimea stratului de depunere (s) nu trebuie să depășească 60% din înălțimea (k) a capului nitului. Pentru realizarea contactelor sub formă de nit bimetalic se pot folosi două metode tehnologice : a) se ștanțează șaibe dintr-o bandă de bimetal de diametru aproximativ egal cu al capului nitului și apoi se formează piciorul nitului prin presare, cu ajutorul unor mașini semiautomate ; b) se taie sîrme din cele două metale de diametru aproximativ egal cu al piciorului nitului, se sudează împreună și se formează capul nitului. Pentru a se obține bune proprietăți se impun următoarele considerente tehnologice [31] :

$$\frac{d_1}{d_2} = 1{,}5—2{,}5, \tag{2.1}$$

$$\frac{V}{d_2^3} \leqslant 8{,}7, \text{ pentru } d_2 \leqslant 3 \text{ mm}, \tag{2.2}$$

$$\frac{V}{d_2^3} \leqslant 12, \text{ pentru } d_2 > 3 \text{ mm}, \tag{2.3}$$

unde V este volumul total al contactului sub formă de nit ;

$$V_n \geqslant 0{,}6\, d_2^3 \tag{2.4}$$

V_n fiind volumul materialului nobil depus pe nit ;

$$l \geqslant 0{,}9\, d_2. \tag{2.5}$$

b) Contacte sub formă de șurub (figura 2.11), întrebuințate la construcția unor aparate a căror curent nominal este cuprins între unități și sute de amperi. Sînt confecționate din cupru, alamă sau oțel livrate sub formă de sîrmă, bare rotunde, exagonale sau pătrate. Se pot realiza cu lipirea unor plăcuțe de wolfram pe un suport de alamă sau oțel (figura 2.11, *a*), prin presarea unui nit din material nobil într-un orificiu al suportului din alamă sau cupru (figura 2.11, *b*) ; cu miezuri sau aliaje de argint refulate în interiorul unui șurub de bronz (figura 2.11, *c*) ; sau din șuruburi cu cap hexagonal cu placă din material nobil sudat (figura 2.11, *d*). Pentru dimensiuni mici, contactele sub formă de șuruburi, buloane sau știfturi se realizează din material de contact masiv.

Aceste tipuri se fixează în găurile portcontactelor prin înșurubare sau cu ajutorul piulițelor.

c) Contacte tip fișă de legătură și priză se folosesc în circuite electrice de curenți relativ reduși (pînă la zeci de amperi) și sînt formate din fișă și priză, realizate din alămuri sau bronzuri în formă de sîrme și bare. Ele se fixează în portcontacte prin piulițe, șuruburi, prin presare sau prin alte mijloace.

Operațiile procesului tehnologic al fabricării contactelor din sîrmă și bare, sub formele prezentate, reprezintă o prelucrare obișnuită a metalelor, putîndu-se alege o variantă sau alta, după cum rezultă din tabelul centralizator 2.6.

Asamblarea pieselor de contact cu suporturile de contact obținute din sîrme sau bare se realizează prin procedee tehnologice de lipire, sudare, presare sau refulare, conform celor prezentate în figura 2.11.

Contactele aparatelor pentru curenți mijlocii și mari se confecționează din bare fasonate (profile) din cupru sau bimetale (cupru cu aplicare de argint sau alte metale).

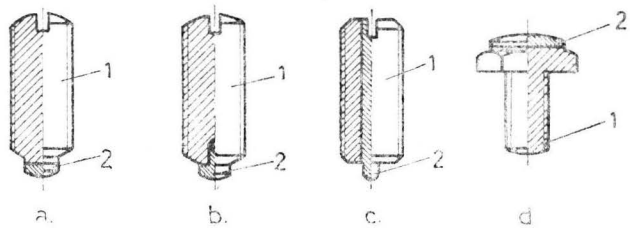


Fig. 2.11. Contacte sub formă de șuruburi cu piesa de contact 2 fixată de suportul de contact 1 : a — prin lipire ; b — prin presare ; c — prin turnare ; d — prin sudare.

Tabelul 2.6

Procesul tehnologic al fabricării suporturilor de contact din materiale din sîrmă sau bare

Felul suporturilor de contact	Denumirea operației	Utilajul folosit
Nit cu capete refulate	Refularea capului	Presă de refulat nituri
	Acoperire electrochimică	Băi de tratamente electrochimice
Șurub cu cap refulat	Debitarea materialului hexagonal, pătrat sau rotund	Presă cu excentric Foarfece ghilotină
	Debavurarea	Utilaje de șlefuit și polizat
	Ștemuirea capului sau Presarea la cald	Presă cu excentric Presă hidraulică
	Rularea filetului sau Tăierea filetului	Mașini-unelte de rulat sau filetat
	Acoperirea electrochimică	Băi și alte utilaje specifice
Șurub strunjit	Prelucrarea prin strunjire cu tăierea filetului	Strung paralel Strung revolver Strung automat
	Prelucrarea electrochimică	Băi și alte utilaje specifice

Utilizarea acestor profile din cupru ca piesă sau ca suport de contact și cu aplicări de metale sau pulberi metalice este recomandată economic numai la producția de serie sau de masă.

Avînd în vedere uzura importantă ce o suferă piesa de contact la întreruperea acestei game de curenți, ea trebuie să poată fi înlocuită cu ușurință.

Procesul tehnologic parcurge următoarele operații :

a) Debitarea din bare profilate a pieselor de contact (figura 2.12), cu ajutorul unor freze circulare sau ferestraie mecanice.

b) Debavurarea manuală sau mecanizată.

c) Realizarea orificiilor cu mașini de găurit sau ștanțat.

buie analizat separat. Astfel, la fabricarea contactului mobil al unui contactor de curent alternativ cu mișcare de rotație principalele operații sînt :

— Ștanțarea și tăierea semifabricatului.

— Ștanțarea orificiilor.

— Îndoirea pe prese cu matriță de îndoire. În cazul razelor mici de curbură, din cauza durității materialului, pentru prevenirea apariției crăpăturilor la îndoire, înaintea acestei operații semifabricatul trebuie neapărat supus unui tratament termic de recoacere.

— Zencuirea, operație de efectuare a adînciturilor conice pentru capetele șuruburilor, efectuată prin burghiere.

— Filetarea orificiilor, pe o instalație de filetat cu tarozi.

— Prelucrarea chimică, cuprinzînd degresarea, spălarea, acoperirea electrochimică și uscarea.

2.5. TEHNOLOGIA FABRICĂRII CONTACTELOR CU APLICAȚII DIN ARGINT, MATERIALE METALO-CERAMICE ȘI ALTE COMPOZIȚII

Aceste contacte au o largă răspîndire în construcția aparatelor electrice datorită faptului că permit micșorarea gabaritelor și greutății aparatelor, prin diminuarea presiunii de contact, precum și pentru realizarea unor construcții mai stabile față de oxidare, sudare sau uzură mecanică.

Materialele întrebuințate mai des în aplicări sînt :

a) Argint pur sub formă de table, platbande și sîrmă. Aplicarea lui se realizează prin sudură, prin diverse procedee ilustrate în figura 2.14.

b) Compoziții metalo-ceramice (tabelul 2.1) sub formă de discuri sau plăcuțe presate din metale în stare de pulberi și prelucrate termic la 900—1 000 °C, în cuptoare cu atmosferă de hidrogen.

c) Compoziții de cărbune-cupru grafitat sub formă de discuri cilindrice, utilizate în special la relee unde trebuie să se evite o eventuală sudare a contactelor.

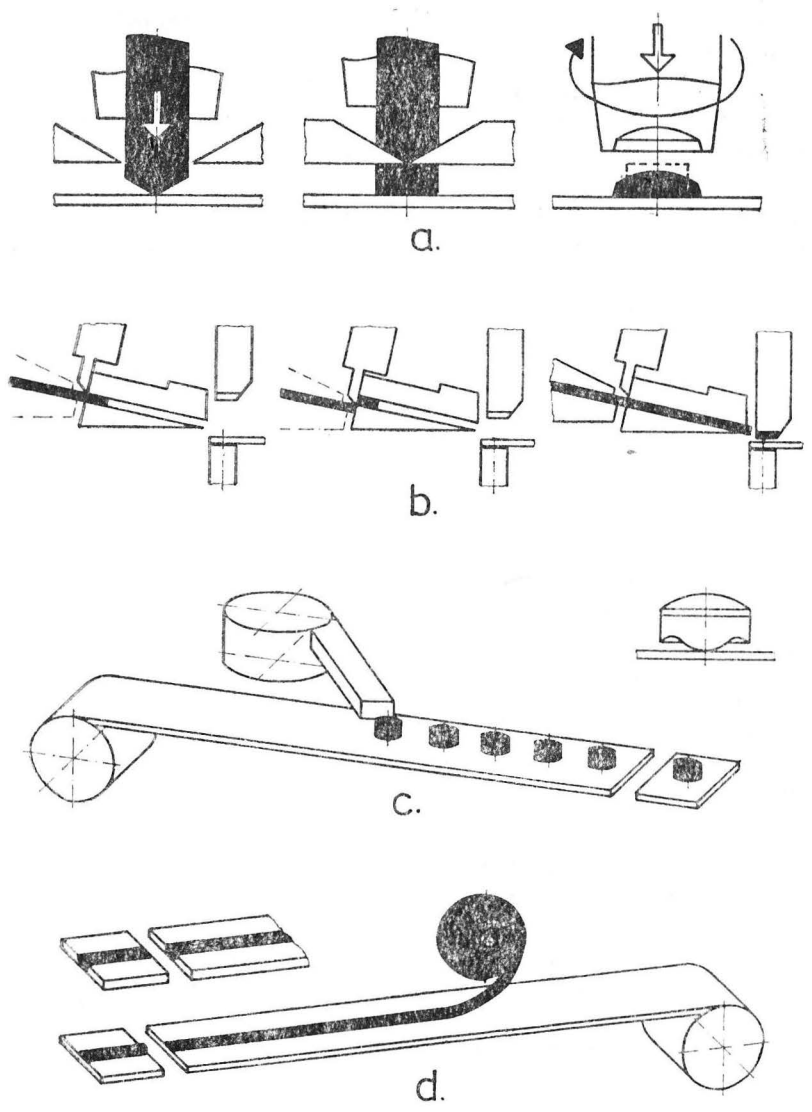


Fig. 2.14. Placarea prin sudare de argint : a — sudarea contactelor sub formă de sîrmă, prin presare verticală ; b — sudarea contactelor sub formă de sîrmă, prin presare orizontală ; c — sudarea contactelor sub formă de discuri ; d — sudarea contactelor sub formă de benzi.

Procesul tehnologic al realizării acestor contacte cuprinde următoarele operații mai importante :

— Confecționarea bazelor contactelor, ce se pot realiza sub formă de șuruburi, nituri, buloane, bare profilate, ștanțate, după tehnologia prezentată în paragrafele anterioare.

— Confecționarea aplicărilor, prin tăierea și ștanțarea plăcilor și discurilor din benzi și table metalice sau prin sinterizare la dimensiuni în cazul aplicărilor din materiale metalo-ceramice.

— Fixarea aplicărilor pe baza contactelor, prin cositorire, sudare prin puncte, lipire etc.

În ultimul timp, uzine specializate livrează benzi și profile din bare placate din bimetal (figura 2.15), din care prin ștanțare și îndoire se obțin diferite forme de contacte utilizate la întreruptoare și contactoare (figura 2.16).

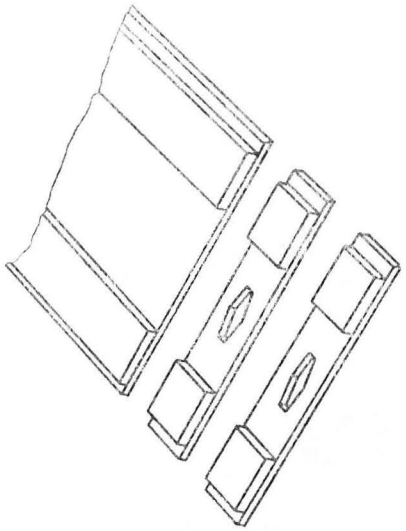


Fig. 2.15. Stanțarea benzilor de bimetal.

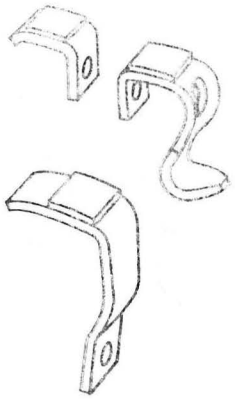


Fig. 2.16. Contacte ale întreruptoarelor cu aplicații de argint sau alte compoziții.

La proiectarea aplicărilor trebuie să se tindă la utilizarea unor dimensiuni cît mai mici pentru a se economisii materialele costisitoare, iar procesele tehnologice de fabricare trebuie corect alese pentru a determina deșeuri minime.

2.6. ASUPRA ALEGERII CORECTE A MATERIALELOR DE CONTACT

Este greu de recomandat un anumit material și proces tehnologic pentru diversitatea foarte mare constructivă a aparatului de joasă tensiune folosit în exploatare. O soluție optimă trebuie să aibă în vedere atît proprietățile mecanice și electrice, cît și considerente economice. În acest sens se pot face recomandări în funcție de natura aparatelor ce utilizează contactele electrice, după cum urmează :

a) Întreruptoarele automate trebuie să suporte la contacte curenți de scurtcircuit de ordinul zecilor de kA și să-i poată întrerupe fără pericol de sudare a contactelor. De aceea, la acestea, se folosesc două rînduri de contacte în paralel : de lucru și de arc. Contactele de arc se fac din cupru sau compoziții metalo-ceramice, ca : cupru-wolfram cu 30% cupru, argint-wolfram cu 25—35% argint, argint-molibden cu 40—50% argint. Pentru cele de lucru se poate utiliza argintul, argint-oxid de cadmiu cu 10—15% oxid de cadmiu sau argint-nichel cu 10—30% nichel.

b) Contactoarele de putere trebuie să întrerupă rapid și sigur curenții nominali și de suprasarcină ce pot ajunge la ordinul kA, fără pericol de sudare a contactelor. La curenții nominali de durată, contactele nu trebuie să depășească încălzirea admisibilă. Se recomandă folosirea contactelor cu pastile din argint-nichel sudate, avînd cu 20—40% nichel și argint-oxid de cadmiu cu 10—15% oxid de cadmiu. Utilizarea cuprului și a bronzului aliat cu argint ca piese de contact, după noile norme internaționale, se recomandă la un număr restrîns de construcții de aparate electrice.

c) Contactoarele folosite la comanda și protecția motoarelor electrice trebuie să asigure conectarea sigură la pornirea motoarelor, cînd se absorb curenți mari și să asigure o durată lungă de funcționare și un număr mare de conectări și deconectări. În curent alternativ, pînă la curenți de ordinul a 25 A, se utilizează contacte de argint. Buna lor conductivitate electrică, oxidarea redusă și rezistența de contact mică permite utilizarea acestora cu forțe de apăsare reduse. Pentru mărirea durității și evitarea pericolului de sudare se utilizează aliaje de argint-cupru cu 3% cupru. Pentru curenți mai mari se recomandă utilizarea contactelor din argint-oxid de cadmiu cu 10%

Procesul tehnologic al realizării acestor contacte cuprinde următoarele operații mai importante :

— Confecționarea bazelor contactelor, ce se pot realiza sub formă de șuruburi, nituri, buloane, bare profilate, ștanțate, după tehnologia prezentată în paragrafele anterioare.

— Confecționarea aplicărilor, prin tăierea și ștanțarea plăcilor și discurilor din benzi și table metalice sau prin sinterizare la dimensiuni în cazul aplicărilor din materiale metalo-ceramice.

— Fixarea aplicărilor pe baza contactelor, prin cositorire, sudare prin puncte, lipire etc.

În ultimul timp, uzine specializate livrează benzi și profile din bare placate din bimetal (figura 2.15), din care prin ștanțare și îndoire se obțin diferite forme de contacte utilizate la întreruptoare și contactoare (figura 2.16).

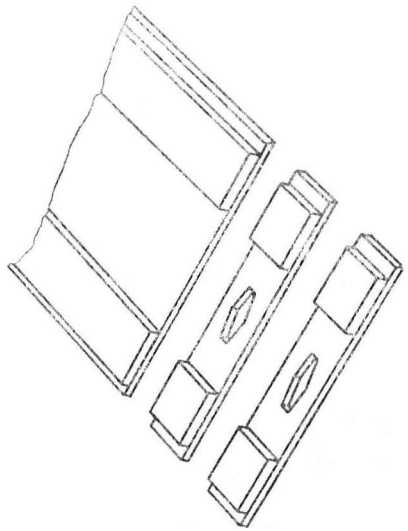


Fig. 2.15. Stanțarea benzilor de bimetal.

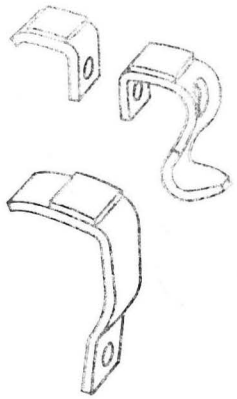


Fig. 2.16. Contacte ale întreruptoarelor cu aplicații de argint sau alte compoziții.

La proiectarea aplicărilor trebuie să se tindă la utilizarea unor dimensiuni cît mai mici pentru a se economisii materialele costisitoare, iar procesele tehnologice de fabricare trebuie corect alese pentru a determina deșeuri minime.

2.6. ASUPRA ALEGERII CORECTE A MATERIALELOR DE CONTACT

Este greu de recomandat un anumit material și proces tehnologic pentru diversitatea foarte mare constructivă a aparatului de joasă tensiune folosit în exploatare. O soluție optimă trebuie să aibă în vedere atît proprietățile mecanice și electrice, cît și considerente economice. În acest sens se pot face recomandări în funcție de natura aparatelor ce utilizează contactele electrice, după cum urmează :

a) Întreruptoarele automate trebuie să suporte la contacte curenți de scurtcircuit de ordinul zecilor de kA și să-i poată întrerupe fără pericol de sudare a contactelor. De aceea, la acestea, se folosesc două rînduri de contacte în paralel : de lucru și de arc. Contactele de arc se fac din cupru sau compoziții metalo-ceramice, ca : cupru-wolfram cu 30% cupru, argint-wolfram cu 25—35% argint, argint-molibden cu 40—50% argint. Pentru cele de lucru se poate utiliza argintul, argint-oxid de cadmiu cu 10—15% oxid de cadmiu sau argint-nichel cu 10—30% nichel.

b) Contactoarele de putere trebuie să întrerupă rapid și sigur curenții nominali și de suprasarcină ce pot ajunge la ordinul kA, fără pericol de sudare a contactelor. La curenții nominali de durată, contactele nu trebuie să depășească încălzirea admisibilă. Se recomandă folosirea contactelor cu pastile din argint-nichel sudate, avînd cu 20—40% nichel și argint-oxid de cadmiu cu 10—15% oxid de cadmiu. Utilizarea cuprului și a bronzului aliat cu argint ca piese de contact, după noile norme internaționale, se recomandă la un număr restrîns de construcții de aparate electrice.

c) Contactoarele folosite la comanda și protecția motoarelor electrice trebuie să asigure conectarea sigură la pornirea motoarelor, cînd se absorb curenți mari și să asigure o durată lungă de funcționare și un număr mare de conectări și deconectări. În curent alternativ, pînă la curenți de ordinul a 25 A, se utilizează contacte de argint. Buna lor conductivitate electrică, oxidarea redusă și rezistența de contact mică permite utilizarea acestora cu forțe de apăsare reduse. Pentru mărirea durității și evitarea pericolului de sudare se utilizează aliaje de argint-cupru cu 3% cupru. Pentru curenți mai mari se recomandă utilizarea contactelor din argint-oxid de cadmiu cu 10%

oxid de cadmiu, a aliajelor de argint-nichel cu 20% nichel sau, mai rar, aliaje de argint-wolfram cu 30—60% wolfram.

Pentru contactele funcționînd în ulei se folosește ca material de contact cuprul, iar la curenți mai mari amestecuri de wolfram-cupru cu 20—80% wolfram.

Pentru contactoarele de curent continuu se folosesc contacte de argint-oxid de cadmiu cu 10—15% oxid de cadmiu, iar pentru curenți mai mici conținutul de oxid de cadmiu poate fi 15—20%. La aparate cu o frecvență mai redusă de conectare se pot folosi și contacte de argint pur, iar la cele cu o frecvență ridicată se recomandă amestecuri de argint-nichel sau argint-wolfram.

d) Contactoarele utilizate în circuitele de comandă ale releelor sau întreruptoarelor, pentru curenți de la 0,1 la 10 A și tensiuni de la 24 la 500 V folosesc în special contacte de argint pur, sau pentru a se evita pericolul de sudare, argint-oxid de cadmiu cu 10% oxid de cadmiu. În atmosferă corosivă se recomandă utilizarea aliajelor de argint-paladiu cu 30% paladiu.

e) Regulatoarele de temperatură cer contacte cu uzură redusă, cu siguranță mare în funcționare și cu evitarea pericolului de sudură a acestora. Regulatoarele de temperatură ce lucrează în regim de lucru la peste 100 °C utilizează contacte placate. În nici un caz nu se vor folosi nituri al căror suport de contact să fie cuprul datorită pericolului de oxidare rapidă. De aceea se utilizează, într-un regim normal de temperatură, depuneri de argint pur, iar în regimuri de temperaturi ridicate depuneri de aliaje argint-nichel sau argint-oxid de cadmiu. Materialul de bază îl constituie nichelul sau aliajele de nichel și oțeluri.

f) Microîntreruptoarele trebuie să asigure o siguranță ridicată și să dezvolte un moment activ la forțe foarte mici și la dimensiuni reduse. Aceste forțe mici necesită materiale de contact ușoare și cu conductivitate electrică ridicată. La tensiuni peste 20 V și curenți peste 1 A se folosește argintul pur, iar la sarcini mai mici argint cu depuneri galvanice de aur sau aliaje pe bază de aur.

g) Contactele glisante și alunecătoare, utilizate la colectoare, inele de contact etc., folosesc inele și perii de argint-grafit sau cupru-grafit cu 5—20% grafit, precum și aliaje bronz-argint-grafit.

h) Contactele aparatelor pentru curenți mici, utilizate la relee etc., trebuie să asigure o rezistență de contact constantă în timp și care să nu se modifice esențial în diferite atmosfere.

La contactele la care forța de apăsare este cuprinsă între $(20—50)10^{-2}$ N, la tensiuni de 10—60 V și intensități pînă la 0,4 A se utilizează argintul pur. La forțe de apăsare pînă la $5 \cdot 10^{-2}$ N, la tensiuni reduse și comutări fără scîntei se folosește argintul cu depunere de aur. La forțe și mai mici de apăsare se folosesc aliaje de aur, iar acolo unde se cere o siguranță de funcționare foarte ridicată aliaje de platină-iridiu cu 10% iridiu. La contactele releelor cu frecvență mare de conectare, la tensiuni peste 100 V și curenți pînă la 0,1 A se folosesc aliaje de paladiu-cupru cu 40% cupru.

2.7. ALEGEREA MĂRIMII SUPRAFEȚEI DE CONTACT A FORMEI CONTACTULUI ȘI A FORȚEI DE APĂSARE PE CONTACTE

Alegerea mărimii optime a suprafeței și a volumului contactului au o importanță deosebită, mai ales în domeniul curenților mari. O suprafață prea mică conduce la o supraîncălzire a contactului, cu pericol de sudare, uzură mare și durată de viață redusă. Pentru o dimensionare optimă a suprafeței de contact se utilizează diagrame rezultate din experiența fabricilor constructoare. Astfel, în figura 2.17 se indică o astfel de diagramă pentru contacte din argint (aliaje ale argintului) pentru dome-

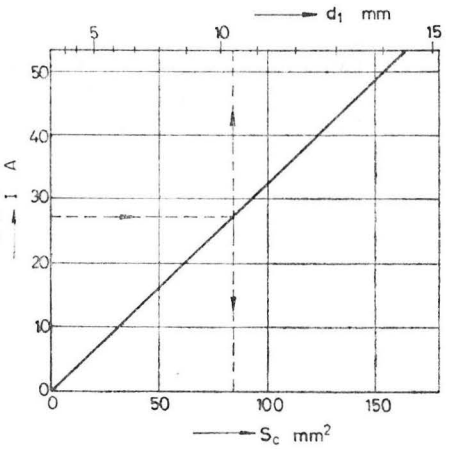


Fig. 2.17. Alegerea mărimii optime a suprafețelor de contact, la contactele de argint sau aliaje ale acestuia.

niul joasei tensiuni și densități de curent de 0,3 A/mm², corespunzător aparatelor de curent alternativ cu frecvență mare de conectare. În domeniul curenților alternativi cu tensiune sub 220 V și frecvență mică de conectare se pot accepta densități pînă la 0,6 A/mm². În curent continuu densitatea de curent admisibilă depinde foarte mult de tensiune, fiind de 0,1 A/mm² la 220 V ; 0,2 A/mm² la 110 V ; 0,4 A/mm² la 60 V și 0,6 A/mm² la 24 V pentru argint ca material de contact.

Referitor la forma suprafețelor, s-a impus contactul dintre o suprafață plană cu o suprafață sferică. La aparatele de comutație cu forță mare de apăsare se folosește contactul dintre două suprafețe plane. Suprafețele plane, în cazul unei construcții și montaj corespunzător realizează o suprafață mare prin intermediul a multor puncte de contact. Forța de apăsare se divide pe suprafețele reale de contact, fiind relativ mică pe fiecare suprafață elementară. De aceea forța totală de apăsare trebuie să fie foarte mare. La un montaj necorespunzător al contactelor, dacă, de exemplu, atingerea se realizează doar la marginea pieselor (figura 2.18), transmiterea căldurii se face foarte dezavantajos.

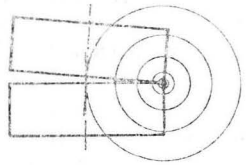


Fig. 2.18. Montaj necorespunzător al contactelor sub formă plană. Contactul se realizează doar la marginea pieselor de contact, conducînd la o transmitere necorespunzătoare a căldurii.

Avantajul combinației dintre un contact plan și unul sferic constă în aceea că întreaga forță de apăsare se repartizează pe o suprafață relativ mică. O deplasare a contactelor, în sensul decalării axelor celor 2 contacte, nu are o influență atît de importantă în transmiterea căldurii prin elementele de contact (figura 2.19). De asemenea, pericolul de sudură este mult mai

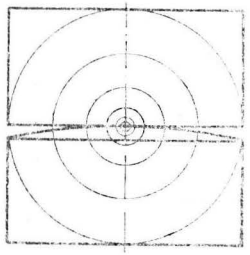


Fig. 2.19. Contact între o suprafață plană și o suprafață sferică, cu atingere în mijloc, ceea ce determină o bună transmitere a căldurii.

puțin accentuat comparativ cu cazul suprafețelor plane. Utilizarea ambelor piese de formă sferică ar conduce la un contact punctiform, întreaga forță de apăsare repartizîndu-se pe o suprafață mică, dar prezintă dificultăți la transmiterea căldurii și cere un montaj foarte exact, motive pentru care nu s-a impus în exploatare.

Forța de apăsare are o deosebită importanță pentru rezistența de contact. În figura 2.20 s-a reprezentat variația rezistenței în funcție de forța de apăsare pentru contacte din argint

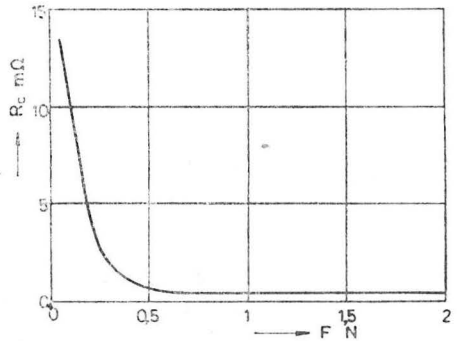


Fig. 2.20. Depenedența rezistenței de contact de forța de apăsare, pentru contacte de argint cu $\varnothing = 3$ *mm.*

pur. Se constată că la depășirea unei anumite valori (0,5 N) a forței de apăsare, rezistența de contact nu se mai modifică esențial. Această valoare optimă a presiunii de contact determină forțele recomandate pentru diferite materiale. Astfel, pentru contacte de argint sau argintate practica recomandă utilizarea forțelor de apăsare date în tabelul 2.7.

Tabelul 2.7

Forța de apăsare la contacte de argint sau argintate

Forța de deplasare specifică, N/A \ Curentul nominal, A	10—600	600—1 000	>1 000
La frecvențe de conectare mari	0,10	0,13	0,15
La frecvențe de conectare reduse	0,15	0,20	0,23

Se constată că în toate cazurile se depășește forța minimă de 0,5 N, ceea ce determină rezistențe de contact minime.

3. BOBINE DE CURENT (SERIE) ȘI LEGĂTURI ELECTRICE RIGIDE ȘI FLEXIBILE

3.1. DOMENII DE UTILIZARE ȘI MATERIALE FOLOSITE

Bobinele serie pentru mari intensități de curent se întîlnesc în construcția unor tipuri de întreruptoare automate de joasă tensiune, ca declanșatoare electromagnetice sau bobine de suflaj ale arcului electric, precum și în construcția unor declanșatoare de curent primare.

Conductoarele și barele de legătură rigide, izolate și neizolate se folosesc în construcția tablourilor de distribuție, la realizarea barelor generale, a derivațiilor spre aparate și pentru canalizări prefabricate pentru distribuția interioară a energiei electrice în construcțiile industriale.

Legăturile flexibile din fascicule de fire obișnuit din cupru, răsucite și împletite sau în pachete de fîșii de tablă cu grosime mică, suprapuse, la capetele cărora se află suprafețe de contact permit racordarea părților mobile ale aparatelor electrice de comutație la căile de curent fixe sau asigură deplasarea relativă a barelor colectoare, ca, de exemplu, în cazul pieselor de dilatare flexibile instalate pe barele generale care preiau deplasările longitudinale ale acestora ca urmare a dilatării. Toate aceste elemente sînt piese conductoare din punct de vedere electric, fiind străbătute de curenți de ordinul zecilor, sutelor sau chiar miilor de amperi și care au comune o serie de cerințe pe care trebuie să le îndeplinească : conductibilitatea electrică, rezistența la izolație, rezistența mecanică, stabilitatea termică, rezistența la umiditate, asigurînd în același timp valori reduse pentru căderile de tensiune, rezistențele de contact și încălzirile în funcționare.

Introducerea în construcția de aparate electrice a unor materiale electroizolante noi în vederea îmbunătățirii caracteristicilor electrice, reducerii gabaritelor și creșterii fiabilității în exploatare, corelată cu înlocuirea cuprului cu aluminiu, ce conduce la reducerea prețului de cost al aparatelor, pune probleme tehnologice deosebite de a căror rezolvare depinde în ultimă instanță caracteristicile acestor echipamente.

3.2. CĂI DE CURENT DIN BARE RIGIDE. CARACTERISTICI ELECTRICE ȘI TEHNOLOGICE DE REALIZARE ȘI MONTARE

Barele rigide ce alcătuiesc căile de curent ale dulapurilor sau panourilor de distribuție de joasă tensiune, putînd fi bare colectoare sau de derivație, servesc ca legătură între diversele aparate ce compun sistemul. În exploatare, aceste conductoare sînt solicitate : — termic, datorită curenților nominali sau datorită unor supracurenți ; — mecanic, datorită forțelor electrodinamice ; — chimic, datorită coroziunii.

Dimensionarea barelor se face deci în funcție de curentul nominal, de curentul de stabilitate termică și de curentul de stabilitate dinamică. Curentul nominal influențează în special construcția pieselor de contact ; curentul de stabilitate termică (exprimat în kA) ce străbate un timp determinat calea de curent nu trebuie să producă o încălzire care să depășească temperaturile fixate prin norme, iar curentul de stabilitate dinamică exprimat ca valoare de vîrf a celui mai mare curent, care străbătînd circuitul să nu producă șocuri mecanice care să conducă la deteriorarea sistemului, determină solicitările la care sînt supuse sistemul de fixare al căilor de curent.

Curenții admisibili, de durată, la temperatura aerului de $+25\ ^{\circ}C$ și a barelor de $+70\ ^{\circ}C$ pentru conducte dreptunghiulare și profilate de cupru și aluminiu sînt indicați în tabelele 3.1 și 3.2.

Tabelul 3.1

Încălzări admisibile pentru bare de distribuție cu secțiune dreptunghiulară

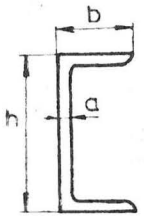
Dimensiunile barelor, mm	Numărul barelor în paralel	Material / masă, kg/m	Curenții admisibili de durată, A			
			Curent alternativ		Curent continuu	
			Bare nevopsite	Bare vopsite	Bare nevopsite	Bare vopsite
0	1	2	3	4	5	6
20×5	1	Cu	355	385	365	390
	2	0,89	605	660	615	670
	1	Al	235	300	240	310
	2	0,27	425	505	445	530
25×5	1	Cu	425	465	430	470
	2	1,00	725	790	740	800
	1	Al	280	365	285	370
	2	0,338	520	615	530	630
30×5	1	Cu	485	530	495	540
	2	1,34	845	920	870	945
	1	Al	325	415	335	435
	2	0,1C3	605	720	630	740
40×5	1	Cu	630	710	640	715
	2	1,78	1 090	1 180	1 125	1 215
	1	Al	425	530	435	555
	2	0,510	785	920	800	955
40×10	1		920	1 000	930	1 025
	2	Cu	1 635	1 770	1 695	1 830
	3	3,56	2 240	2 430	2 420	2 570
	2+2		3 025	3 305	—	—
	1		625	770	650	805
	2	Al	1 080	1 380	1 210	1 425
	3	1,08	1 635	1 900	1 720	2 010
	2+2		2 180	2 590	—	—

Tabelul 3.1 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6
50×5	1		760	850	785	870
	2	Cu	1 330	1 410	1 390	1 500
	3	2,23	1 995	2 065	2 115	2 205
	2+2		2 540	2 715	—	—
	1		515	645	540	680
	2	Al	945	1 115	985	1 175
	3	0,675	1 355	1 610	1 475	1 725
	2+2		1 815	2 130	—	—
50×10	1		1 115	1 215	1 160	1 260
	2	Cu	1 935	2 125	2 060	2 240
	3	4,25	2 720	2 890	3 020	3 185
	2+2		3 630	3 330	—	—
	1		755	840	790	975
	2		1 390	1 660	1 465	1 750
	3	Al	1 935	2 260	2 095	2 460
	2+2	1,350	2 610	3 060	—	—
60×5	1		920	1 000	945	1 025
	2		1 510	1 685	1 570	1 770
	3	Cu	2 130	2 300	2 300	2 475
	4	2,67	—	—	3 020	3 245
	2+2		2 905	3 125	—	—
	1		605	770	640	805
	2		1 090	1 335	1 160	1 390
	3	Al	1 570	1 840	1 720	1 955
	4	0,810	—	—	2 240	2 530
	2+2		2 100	2 440	—	—
60×10	1		1 285	1 415	1 330	1 475
	2		2 300	2 475	2 420	2 595
	3	Cu	3 145	3 305	3 380	3 540
	4	5,34	—	—	4 430	4 485
	2+2		4 235	4 365	—	—
	1		880	1 105	930	1 150
	2		1 610	1 930	1 730	2 000
	3	Al	2 300	2 620	2 455	2 875
	4	1,620	—	—	3 145	3 620
	2+2		3 025	3 495	—	—

Tabelul 3.1 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6
80 × 10	1		1 670	1 840	1 755	1 970
	2		2 180	2 950	3 145	3 305
	3	Cu	3 750	3 895	4 475	4 600
	4	7,12	—	—	5 810	5 906
	2+2		5 080	5 310	—	—
	1		1 135	1 435	1 190	1 495
	2	Al	2 055	2 460	2 195	2 645
	3	2,160	2 855	3 290	2 995	3 680
	4		—	—	4 115	4 715
	2+2		3 810	4 370	—	—
100 × 10	1		2 050	2 215	2 175	2 360
	2		3 385	3 655	3 870	4 245
	3	Cu	4 415	4 720	5 445	5 780
	4	8,90	—	—	7 015	7 315
	2+2		6 050	6 370	—	—
	1		1 390	1 750	1 450	1 815
	2		2 480	2 930	2 710	3 220
	3	Al	3 385	3 910	3 810	4 485
	4	2,700	—	—	5 080	5 750
	2+2		4 475	4 945	—	—



Tabelul 3.2

Încărcări admisibile pentru bare de distribuție profilate

Profil normal	Material	Masa kg/m	Dimensiuni, mm			Curent admisibil, A			
			h	*b*	*a*	Bare nevopsite		Bare vopsite	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Al	1,22	60	30	4	830	1 660	1 085	2 180
	Cu	3,99				1 200	2 400	1 330	2 660
8	Al	2,32	80	37,5	6	1 380	2 420	1 765	3 070
	Cu	7,65				1 760	3 510	2 180	3 87

Tabelul 3.2 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Al	3,47	100	37,5	8	1 880	3 260	2 420	4 175
	Cu	11,3				2 790	4 720	3 025	5 200
12	Al	5,17	120	45	10	2 540	4 635	3 290	5 685
	Cu	16,9				3 750	6 410	4 115	7 140
14	Al	6,66	140	52,5	11	3 140	5 565	4 050	7 020
	Cu	21,8				4 600	6 860	5 080	8 830
16	Al	8,34	160	60	12	3 750	6 535	4 840	8 470
	Cu	27,3				5 450	9 560	6 050	10 650
18	Al	10,2	180	67,5	13	4 350	7 845	5 745	9 920
	Cu	33,5				6 520	11 130	7 260	12 460
20	Al	12,2	200	75	14	5 200	8 955	6 655	11 495
	Cu	40,1				7 500	12 950	8 350	14 400

Barele se fixează pe izolatoare fie rigid (fără posibilitatea de deplasare longitudinală), fie prin piese care permit asemenea deplasări și înlătură pericolul ca prin dilatare să apară deformații sau eforturi în izolatoare.

Alungirile la funcționare normală sau la scurtcircuit rezultă pentru bare de secțiune dreptunghiulară din tabelul 3.3.

Tabelul 3.3

Alungirile barelor de distribuție

Materialul barei / Lungimea barei, m	Alungire în funcționare la curent nominal, mm			Alungire la scurtcircuit, mm		
	0,5	1,0	10,00	0,5	1,0	10,0
Cupru	0,7	1,4	13,6	2,2	4,5	44,5
Aluminiu	1,0	1,9	19,0	1,9	3,9	39,0

Fixarea barelor de izolatoare, cu posibilitatea deplasării lor se realizează fie folosind piese de fixare de armătura metalică a izolatorului, fie prin prindere simplă cu un șurub care traversează bara. Posibilitatea de deplasare ca urmare a dilatării se poate asigura, în acest ultim caz, dînd găurii o formă ovală.

Continuitatea funcționării instalațiilor energetice depinde de modul în care se execută îmbinările barelor colectoare și derivații la aparate și de aceea aceste operații se efectuează cu foarte mare atenție.

Îmbinarea barelor se poate executa prin :

— suprapunere și strîngere cu șuruburi ce le traversează ;
— suprapunere și strîngere cu piese de strîngere ;
— sudură ;
— sertizare.

În cazul asamblării cu șuruburi, toate piesele din oțel se vor galvaniza, iar la barele de aluminiu șuruburile se vor prevedea cu șaibe speciale de oțel (de 6 mm grosime) și cu inele de siguranță.

Îmbinarea cu șuruburi în prelungire a conductelor cu secțiune dreptunghiulară din cupru și aluminiu se face ca în exemplele prezentate în figura 3.1.

Specificația de materiale necesare fixării în prelungire de bare de cupru prezentate în figura 3.1 este indicată în tabelul 3.4.

Îmbinarea în derivație — cu șuruburi — a barelor cu secțiune dreptunghiulară din cupru și aluminiu se realizează ca în exemplele din figura 3.2.

Distanțele dintre găurile de fixare a conductelor și diametrul acestora sînt aceleași ca și în cazul îmbinării în prelungire, iar șuruburile și materialele auxiliare sînt similare cu cele date în tabelul 3.4 pentru aceleași îmbinări. Piesele de distanțare, confecționate din același material ca cel al căilor de curent principale vor avea grosimea acestora, lățimea egală cu conducta de derivație, iar lungimea egală cu lățimea barei principale. La derivațiile din aluminiu, pe bare principale de cupru din instalațiile exterioare, în mediile umede sau corozive se vor introduce plăcuțe de cupal între suprafețele de contact astfel încît să nu existe contact direct între cupru și aluminiu.

Derivațiile pentru căi principale din cupru sau aluminiu din profil U, cu șuruburi pentru curenți de mare intensitate se pot executa ca în exemplele din figura 3.3.

Îmbinarea cu piese de strîngere se poate realiza prin suprapunerea barelor și strîngerea lor, obținînd o calitate superioară

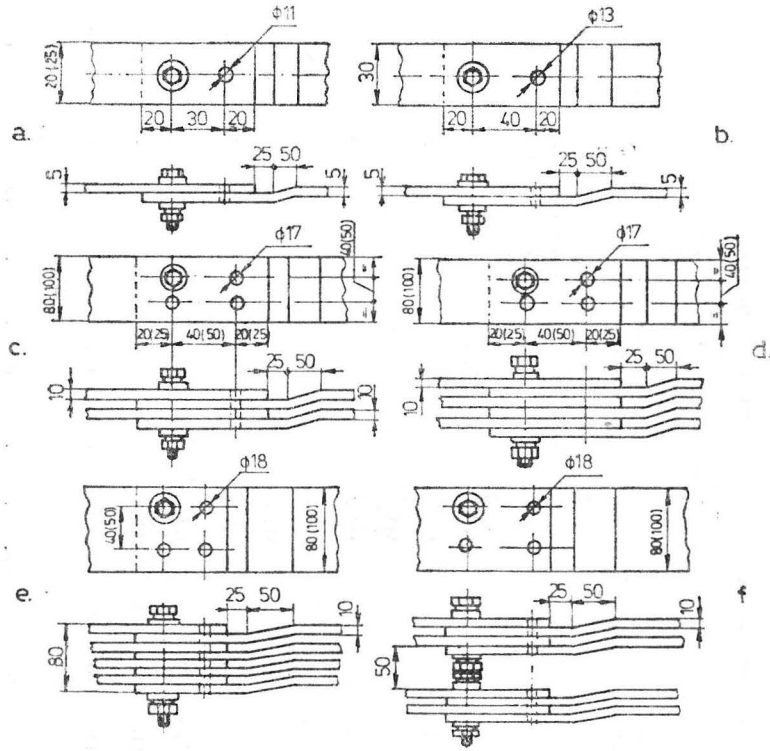


Fig. 3.1. Exemple de îmbinări în prelungire de bare din cupru sau aluminiu avînd secțiune dreptunghiulară, utilizînd șuruburi : a — bare 20×5 (25×5) ; b — bare 30×5 ; c — două bare în paralel 80×10 (100×10) ; d — trei bare în paralel 80×10 (100×10) ; e — patru bare în paralel 80×10 (100×10) ; f — două plus două bare în paralel 80×10 (100×10).

asamblării prin șuruburi. Acest tip de îmbinare este ușor demontabil și necesită manoperă mai redusă pentru montare, fiind deci mai productiv decît cel cu șuruburi însă este mai scump datorită prezenței pieselor de strîngere. Utilizarea sa este justificată în special în instalațiile în care se prevede demontarea barelor.

Piesele de strîngere se pot realiza din fontă turnată, fiind prevăzute cu nervuri de întărire. Pentru curenți ce depășesc 1 000 A ele se confecționează din metale neferoase sau fontă nemagnetică, fiind indicată utilizarea șuruburilor de strîngere din bronz.

Îmbinarea profilelor prin sudură este rapidă, de bună calitate, asigurînd o productivitate ridicată execuției, însă nu se poate demonta. Pentru realizarea prin sudură a unei legături electrice corespunzătoare se impun luarea unor măsuri de ordin organizatoric, printre care se amintesc :

— sudarea să fie executată cu deosebită conștiinciozitate, de personal special calificat pentru acest tip de sudură ;

— utilizarea materialului de adaos de același grad de ecruisare (tare, semitare sau moale) ca al barelor ce se îmbină prin sudură ;

— evitarea apariției golurilor în masa sudurii ;

— verificarea la încălzire a barelor sudate parcurse de curenții nominali de durată etc.

Sudarea barelor din cupru se execută autogen, cu material de adaos de aceeași compoziție și avînd grosimea egală cu aproximativ jumătate din dimensiunea profilului de sudat, utilizînd ca fondant, de exemplu, un amestec de 60% borax, 10% acid boric și 30% clorură de sodiu.

Operația de sudare propriu-zisă trebuie executată fără întrerupere, după o prealabilă încălzire a pieselor, care dacă sînt mai groase de 5 mm trebuie să fie teșite la 45°, ca barele puse cap la cap să dea aspectul unui X.

Sudura se ciocănește la 200—300 °C, după care se încălzește din nou la 500—600° și se răcește apoi brusc prin cufundare în apă. Ecruisarea locului sudat se realizează în continuare prin ciocănire cu un ciocan plat din cupru.

Sudarea barelor de aluminiu se execută în agregate speciale, fiind o sudură cu arc electric în mediul protector de argon, utilizînd ca material de adaos sîrmă de aluminiu de 2—3 mm diametru, bine curățată în prealabil.

În figura 3.4 sînt indicate cîteva cazuri de îmbinări prin sudură, în prelungire sau în derivație pentru profile din cupru sau aluminiu.

Îmbinarea prin sertizare executată prin presare la rece cu dispozitive speciale constă în întrepătrunderea materialelor celor două piese care se îmbină. Este o îmbinare nedemontabilă, ce prezintă avantajul unei execuții rapide și de calitate, însă nu este aplicabilă decît în atelierele dotate cu instalațiile de presare, care sînt complexe, avînd și greutate mare. Schema principială a unui dispozitiv de sertizare (presare la rece) a barelor de cupru și aluminiu, înainte și după realizarea legăturii electrice se indică în figura 3.5.

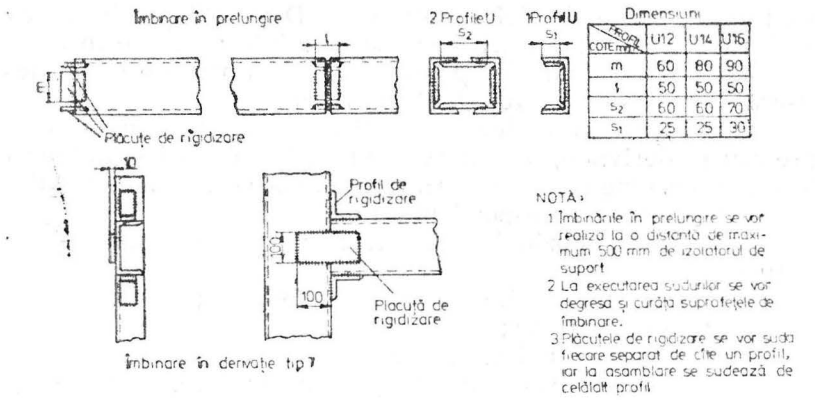


Fig. 3.4. Exemple de îmbinări de bare profilate din cupru sau aluminiu, realizate prin sudură.

Pentru oprirea deformării, în zonele vecine sertizării se execută o presiune de circa 15—20% din presiunea de sertizare (12—30 daN/mm² pentru aluminiu și 40—60 daN/mm² pentru cupru), cu dispozitive auxiliare de construcție asemănătoare cu detaliul 2 din figura 3.5.

În cazul sertizării la îmbinarea în prelungire se folosește un dispozitiv ca cel prezentat în figura 3.6, capabil să exercite

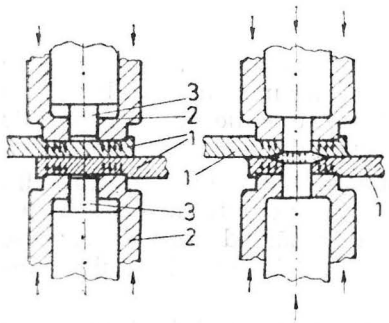


Fig. 3.5. Schema de principiu a dispozitivului de sertizare cu suprapunerea barelor de îmbinat : a — înainte de presare ; b — după presarea la rece (sertizare) ; 1 — bare de îmbinat ; 2 — dispozitiv auxiliar de presare ; 3 — poanson.

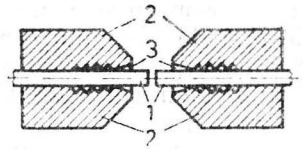


Fig. 3.6. Schema principială a sertizării cap la cap a barelor pentru legături electrice rigide : 1 — bare de îmbinat ; 2 — dispozitiv de prindere ; 3 — cavități de îngroșare.

presiuni și grade de deformare mari. După [2] presiunea de sertizare cap la cap pentru bare de aluminiu este cuprinsă între 80 și 100 daN/mm^2, iar pentru cele de cupru presiunea necesară e cuprinsă între 100 și 120 daN/mm^2.

Oricare ar fi procedeul de realizare a legăturii în prelungire sau în derivație, montarea acestora în tablouri și dulapuri de joasă tensiune comportă următoarea succesiune de operații :

— verificarea corespondenței fazelor ;
— trasarea poziției suporturilor pe construcția de susținere ;
— fixarea suporturilor legăturilor electrice ;
— sortarea barelor ;
— pregătirea și îndreptarea acestora ;
— executarea șabloanelor pentru îndoire, trasare și găurire ;
— executarea legăturilor electrice elastice ;
— însemnarea pentru tăiere ;
— tăierea ;
— însemnarea pentru îndoire ;
— îndoirea ;
— însemnarea și găurirea pentru îmbinări și racorduri ;
— prelucrarea suprafețelor de contact ;
— montarea preliminară a barelor principale și a celor de derivație ;
— montarea definitivă ;
— verificări ;
— vopsirea.

În cazul legăturilor electrice scurte se elimină operațiile de confecționare a legăturilor elastice. De asemenea, dacă barele se îmbină prin sudură sau sertizare nu se efectuează operațiile de prelucrare a suprafețelor de contact și de găurire.

Pentru fasonare se confecționează șabloane obișnuit din sîrmă de oțel de 3—5 mm diametru, pentru fiecare fel de îndoire. Șabloanele se confecționează urmărind axa și servesc pentru determinarea lungimii barelor, a locului, felului și unghiului îndoiturilor.

Traseul conductelor va fi pe cît posibil în linie dreaptă. Se vor evita orice îndoituri sau curbe inutile și în special îndoiturile pe muchie.

O atenție deosebită va trebui acordată simetriei și esteticii, verificîndu-se ca barele să fie drepte și paralele între ele.

Barele de derivație care se racordează la aparatele care vibrează (întreruptoare, separatoare) vor fi astfel executate în-

cît să nu transmită eforturi mecanice altor aparate sau suporturilor izolante. Pentru aceasta ele trebuie să aibe cel puțin o îndoitură pe lat, la 90°. Lungimea minimă a porțiunii îndoite trebuie să fie de 20 de ori mai mare decît grosimea barei.

Operația de tăiere se poate executa :

— cu ajutorul foarfecelor mecanice (manuale) ;
— cu ajutorul ferăstrăului circular ;
— cu ajutorul ferăstrăului manual pentru metal.

Ultima metodă, avînd productivitate scăzută nu este recomandată decît pentru completări sau înlocuiri. După executarea unei operații de tăiere, prin orice metodă, este necesară efectuarea unei debavurări, care poate fi realizată pe mașini de rectificat sau cu ajutorul pilei în cazul producției de serie mică.

La tăierea barelor din aluminiu se va respecta restricția de a nu se utiliza respectivele scule tăietoare și la prelucrarea altor metale.

Îndoirea pe lat a profilelor pentru legături electrice rigide se execută cu dispozitive de îndoit pe lat sau cu ajutorul unui dorn. Diametrul minim al dornului sau al piesei în jurul căreia se execută îndoirea pe lat este dat în tabelul 3.5.

Tabelul 3.5

Diametrul minim al dornului la îndoirea barelor de legături electrice pe lat

Materialul barei	Cupru			Aluminiu		
Grosimea barei, mm	5	8	10	5	8	10
Ø Dorn, mm	20	32	40	20	40	50

Pentru realizarea îndoirilor etajate (în S), necesare îmbinării în prelungire a barelor prin suprapunere (vezi fig. 3.1) se recomandă utilizarea unui dispozitiv adaptat la o presă sau la dispozitivul de îndoit bare pe lat. De asemenea, dacă legătura electrică rigidă e prevăzută să fie realizată cu mai multe bare în paralel este indicat ca îndoirea întregului pachet să se execute simultan.

În figura 3.7 sînt prezentate îndoituri pe muchie (a) și pe lat (b) ale legăturilor electrice rigide.

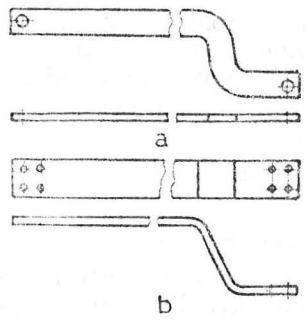


Fig. 3.7. Bare rigide pentru legături electrice: a — îndoite pe muchie; b — îndoite pe lat.

Îndoirea pe muchie se execută cu un dispozitiv manual sau mecanic. Diametrul minim al roții în jurul căreia se efectuează îndoirea pe muchie a barelor din cupru și aluminiu în funcție de lățimea acestora trebuie să fie în conformitate cu cel indicat în tabelul 3.6.

Răsucirea la 90° se va executa astfel încît distanța pe care se face această operație să fie egală sau mai mare decît distanța indicată în tabelul 3.7, indiferent din ce material este confecționată bara.

Găurirea pentru îmbinare prin șuruburi sau pentru fixarea pe suporții izolanți se poate executa centralizat în cazul producției de serie mare prin burghiere pe mașini verticale de găurit multiax sau în cazul producției de serie mică prin burghiere cu ajutorul mașinei de găurit portative, electrice. Găurile pentru îmbinare, intrînd în categoria celor scurte (lungimea

Tabelul 3.6

Diametrul minim al roții la îndoire pe muchie a barelor de legături electrice

Materialul / Lățime bară, mm	Diametrul minim al roții la îndoirea pe muchie, mm							
	20	25	30	40	50	60	80	100
Cupru	30	30	30	40	50	90	120	150
Aluminiu	45	45	45	60	75	120	160	200

Tabelul 3.7

Lungimea minimă la răsucirea barelor de legături electrice

Lățimea barei, mm	20	25	30	40	50	60	80	100
Lungimea minimă de răsucire la 90°, mm	50	65	75	100	125	150	200	250

găurii mai mică decît de 10 ori diametrul acesteia), permit utilizarea unor viteze de așchiere economice cuprinse între 30 și 40 m/min la utilizarea unor burghie din oțel rapid. Mărimea avansului burghiului, determinată de materialul ce se prelucrează și diametrul găurii influențează precizia și calitatea suprafeței ce se obține. Avansurile la burghierea barelor de cupru și aluminiu sînt cuprinse între 0,1—0,5 mm/rotație. Unghiul la vîrf al burghielor folosite este indicat să fie în jurul valorii de 140°.

După burghiere, bavurile se îndepărtează cu un burghiu de diametru mai mare și apoi găurile se vor curăța cu o pilă fină.

La burghierea barelor din cupru se efectuează două găuri : prima cu diametrul de 3—6 mm, iar a doua la diametrul necesar. În cazul celor din aluminiu, gaura se poate executa direct la diametrul necesar.

Pentru evitarea apariției unor rezistențe de contact prea mari, care ar provoca încălziri locale exagerate, putînd conduce la scoaterea legăturii electrice din funcție, este necesar ca prelucrarea suprafețelor de contact la îmbinările cu șuruburi să se facă cu deosebită grijă. Aceste suprafețe se prelucrează astfel ca să nu existe nici o bavură sau denivelare. Verificînd cu echerul de oțel ca să nu existe denivelări, lera de 0,5 mm grosime nu trebuie să pătrundă între bară și echer. Se unge suprafața cu un strat de vaselină tehnică STAS 917-73 și se prelucrează suprafața cu o perie disc din sîrmă, montată pe axul unui polizor sau a unei mașini de găurit. Vaselina și pilitura formată se îndepărtează prin ștergere cu benzină și curățire, după care se aplică imediat un strat subțire de vaselină tehnică curată.

În cazul barelor din aluminiu, peria de sîrmă trebuie utilizată strict numai pentru prelucrarea suprafețelor din acest material.

3.3. TEHNOLOGIA REALIZĂRII LEGĂTURILOR ELECTRICE FLEXIBILE

Legăturile electrice flexibile se utilizează în construcția de aparate electrice de joasă tensiune pentru :

— racordarea în circuit a contactelor mobile ale aparatelor de comutație (vezi figura 3.8 sau poziția 7 din figura 9.8) ;

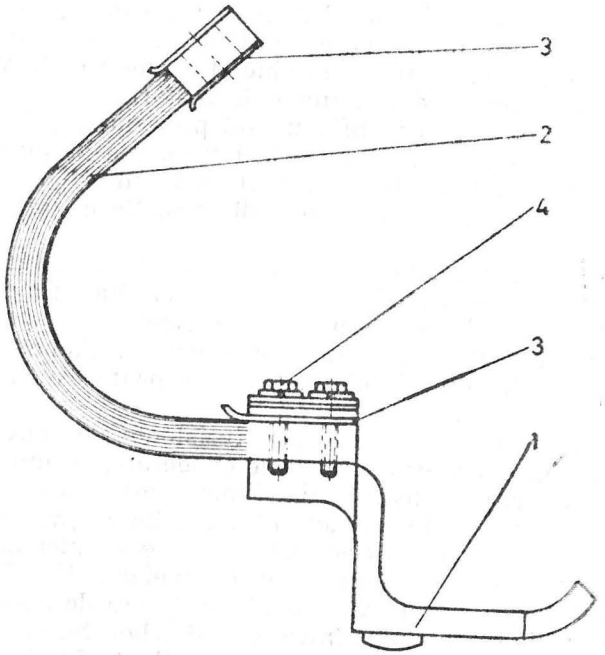


Fig. 3.8. Pachet de fişii din bandă de cupru — legătură flexibilă a contactului mobil al unui întreruptor automat de joasă tensiune avînd curentul nominal de 400 A : 1 — contact de rupere ; 2 — legătură flexibilă ; 3 — papuci de tablă ; 4 — elemente de asamblare demontabile.

— alimentarea elementelor de circuit a căror poziţie se schimbă în spaţiu, ca, de exemplu, alimentarea declanşatoarelor termobimetalice sau a şunturilor mobile (vezi figura 3.9) ;

— preluarea efectelor fenomenului de dilatare la căile de curent din bare rigide, avînd dimensiunile mai mari de 2 m ;

— izolarea barelor de legătură electrice, de vibraţiile produse de funcţionarea aparatelor.

În afara unei bune conductibilităţi electrice, legăturilor flexibile li se cer şi următoarele proprietăţi mecanice :

— la aparatele destinate să funcţioneze un număr mare de cicluri de funcţionare, acestea trebuie să permită efectuarea fără deteriorare a acestui număr de îndoituri ;

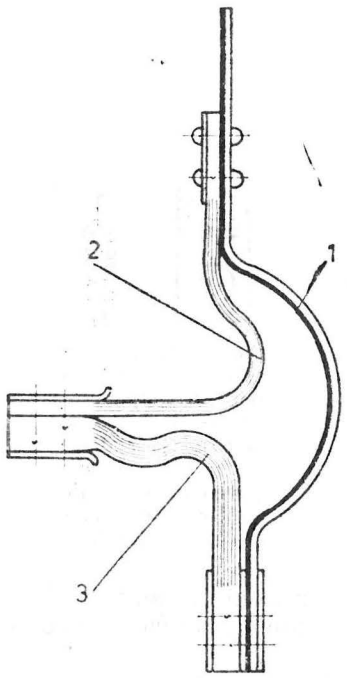
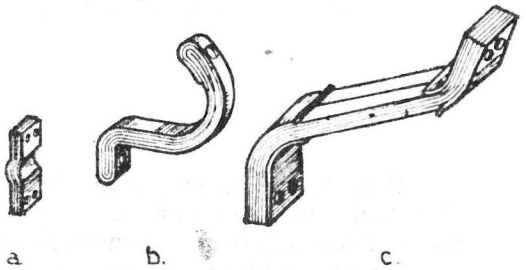


Fig. 3.9. Declanşator bimetalic cu şunt flexibil : 1 — bimetal ; 2 — şunt flexibil ; 3 — conductor de legătură, flexibil.

Fig. 3.10. Exemple de legături flexibile din bandă de cupru : a — pentru preluarea dilatării longitudinale a barelor conductoare ; b — pentru racordarea declanşatoarelor bimetalice ; c — pentru racordarea contactelor mobile ale întreruptoarelor automate.



— să nu creeze eforturi apreciabile care să se opună mişcării de oscilaţie a pieselor mobile, racordate, ale aparatelor electrice.

Pentru a se obţine proprietăţile indicate mai sus, piesele de legături flexibile se confecţionează din fişii de tablă de cupru cu grosimea de 0,1—0,5 mm sau din fire de cupru cu diametrul cuprins între 0,05 şi 0,1 mm.

Secţiunile corespunzătoare ale pieselor flexibile din bandă se realizează prin suprapunerea unui număr mare de fişii în paralel, care se consolidează între ele prin : nituire la capete, introducerea capetelor în papuci, de care se cositoresc, sau cositorirea şi presarea părţilor terminale. În figura 3.10 sînt indicate cîteva tipuri de legături flexibile din bandă. În ceea ce priveşte legăturile flexibile din fire, acestea se realizează prin împletirea unui număr mare de fire în cabluri şi apoi prin împletirea acestora, permiţînd obţinerea unor legături răsucite sau plate (figura 3.11).

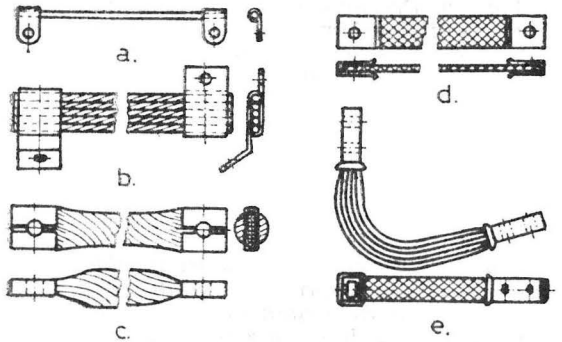


Fig. 3.11. Exemple de legături flexibile din conductoare de cupru: a, b, c — din conductoare rotunde, răsucite; d, e — din fascicule de conductoare împletite.

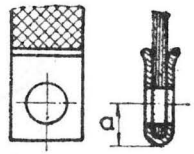


Fig. 3.12. Detaliu privind consolidarea cu papuci a capetelor pieselor pentru legături flexibile: a — lungimea maximă de cositorire a benzilor flexibile.

Papucii de racordare ai elementelor flexibile sînt confecționați din țevi sau table din cupru sau alamă, de care se cositoresc firele sau benzile conductoare.

Se pot utiliza de asemenea papuci care se presează cu un dispozitiv special pe conductoarele flexibile, nemaifiind necesară cositorirea lor. Presiunea necesară este, în acest caz, cuprinsă între 25 și 30 daN/mm^2.

La lipirea și cositorirea capetelor pieselor elastice din benzi este necesar (vezi figura 3.12) ca aliajul de lipit să umple spațiul dintre benzi, cel mult pînă la nivelul centrului orificiului de fixare a piesei flexibile.

Operațiile necesare confecționării unei piese flexibile pentru bare de cupru sau aluminiu de 60×10 prezentată în figura 3.13 sînt următoarele:

— tăierea tablei de cupru la dimensiuni;
— îndoirea și fasonarea tablei;
— asamblarea piesei de dilatare sau a legăturii flexibile;
— burghierea pentru nituire;
— solidarizarea prin nituire;
— găurirea ansamblului la diametrul șuruburilor de prindere;
— cositorirea pe porțiunea de contact.

Nituirea trebuie să se facă în așa fel încît să se obțină o

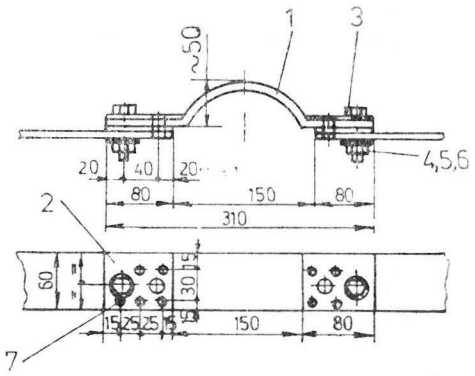


Fig. 3.13. Piesă elastică pentru bare din cupru sau aluminiu avînd secțiunea de 60×10: 1 — benzi de cupru de 0,5 mm grosime; 2 — papuc din cupru; 3, 4, 5, 6 — elemente de asamblare demontabile, din oțel, 7 — nituri de asamblare, din cupru.

suprafață plană de contact, fără proeminențe sau deformații care să ducă la realizarea unei proaste rezistențe de contact.

Specificația de material a piesei de dilatare elastice din figura 3.13 este dată în tabelul 3.8.

Tabelul 3.8

Specificație de materiale pentru legătură flexibilă

Poziția	Denumirea	Material	Dimensiune	Bucăți	Nr. STAS	Masa Kg
1	Bandă de cupru	Cu E,1/2 t STAS 270-74	0,5×60—360	16	427—73	2,05
2	Bandă de cupru	Cu E,1/2 t STAS 270-74	1,5×60—80	4	427—73	0,256
3	Șurub exagonal prelucrat	OL 50 STAS 500-68	M 16—50	4	4272-70	0,436
4	Piuliță exagonală prelucrată	OL 37 STAS 500-68	M 16	4	4071-69	0,124
5	Șaibă specială	OL 37 STAS 500-68	Ø40/17, S=6	4		0,196
6	Inel de siguranță	Arc 6 STAS 795-77	N 16	4	7665-66	0,036
7	Nit cupru	STAS 270-74	Ø 5×15	12	9232-73	0,312

Pentru alte secțiuni de căi de curent, dimensiunile pieselor de dilatare vor fi diferite, montîndu-se atîtea elemente elastice, cîte bare formează calea de curent pe fază.

La legăturile flexibile puternic arcuite și formate dintr-un număr mare de fișii din tablă trebuie să se țină cont de lungimea diferită a elementelor. În acest caz, nituirea capetelor trebuie făcută pentru ansamblul de fișii, curbat într-o poziție apropiată de cea de funcționare.

Precizia necesară realizării acestor tipuri de piese poate să fie mai redusă, corespunzătoare claselor de precizie 8—10, deoarece variația dimensiunilor acestora nu prejudiciază bunei funcționări a aparatelor din care fac parte.

3.4. BOBINE DE MARI INTENSITĂȚI – TEHNOLOGII SPECIFICE DE REALIZARE

Bobinele de curent, cu valori ale intensității nominale de ordinul zecilor și sutelor de amperi se întîlnesc în construcția aparatelor electrice de joasă tensiune, ca :

— înfășurările unor declanșatoare electromagnetice de curent primar, ca în figura 3.14, pentru curenți ce depășesc 80 A ;

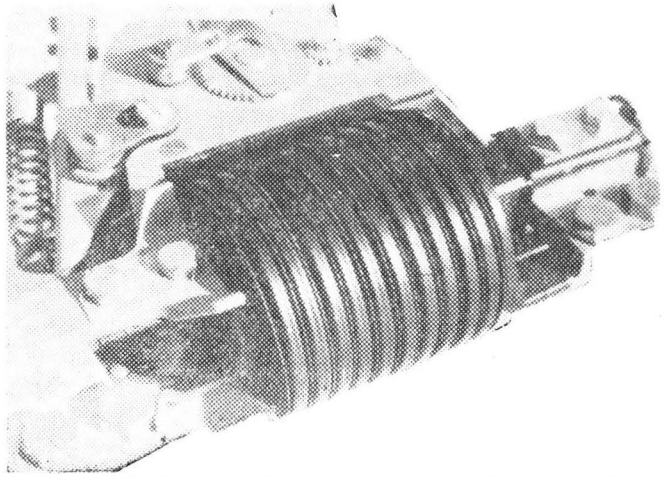
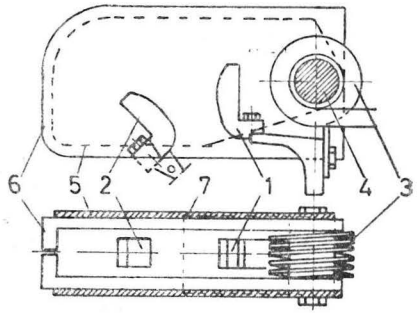


Fig. 3.14. Înfășurarea de curent a unui declanșator primar.

— bobine de suflaj a arcului electric la contactoarele și ruptoarele de curent continuu, figura 3.15, respectiv la întreruptoarele de curent alternativ ca în figura 3.16 ;

Fig. 3.15. Dispozitiv de suflaj magnetic a arcului electric utilizat în construcția contactoarelor : 1 — contact fix ; 2 — contact mobil ; 3 — bobină de suflaj ; 4 — miezul magnetic al bobinei de suflaj ; 5 — poli de suflaj magnetic ; 6 — cameră de stingere ; 7 — linie de cîmp magnetic.



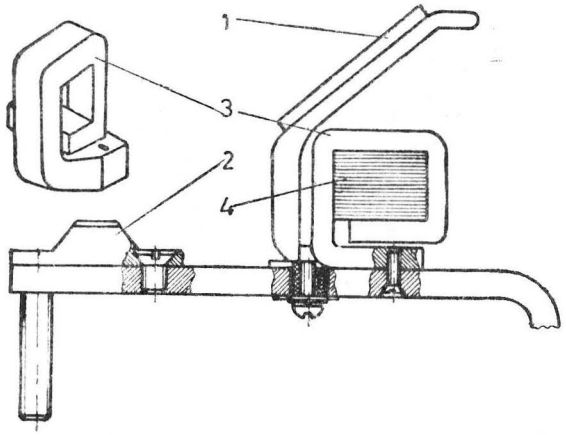


Fig. 3.16. Detaliul bobinei de suflaj turnate, din construcția întreruptoarelor automate : 1 — contactul de rupere; 2 — contactul principal ; 3 — bobină de suflaj turnată ; 4 — miezul megnetic al bobinei de suflaj.

— înfășurările unor electromagneți de acționare ;

— înfășurările de curent ale unor contoare de inducție (figura 3.17).

Tot în această categorie intră și anumite șunturi de curent executate din bare de constantan sau din cupru, exemplificat în figura 3.18, precum și anumite părți ale căilor de curent ale întreruptoarelor de putere (cu excepția legăturilor flexibile și a pieselor de contact).

Bobinele de mari intensități confecționate în general din cupru sau aluminiu profilat (frecvent cu secțiune dreptunghiu-

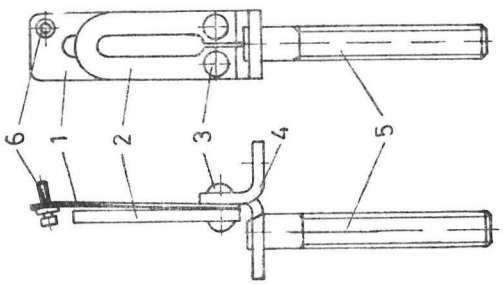
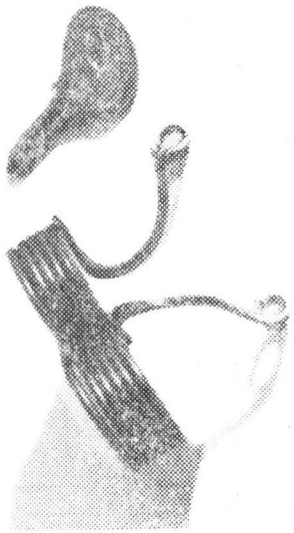


Fig. 3.18. Subansamblu cu șunt de curent la declanșatoarele unui întreruptor automat USOL-250 A: 1 — termobimetal de formă U; 2 — șunt; 3 — nituri din cupru; 4 — bornă de înseriere a contactelor principale; 5 — bornă de intrare; 6 — piesa de acționare a declanșatorului bimetalic.



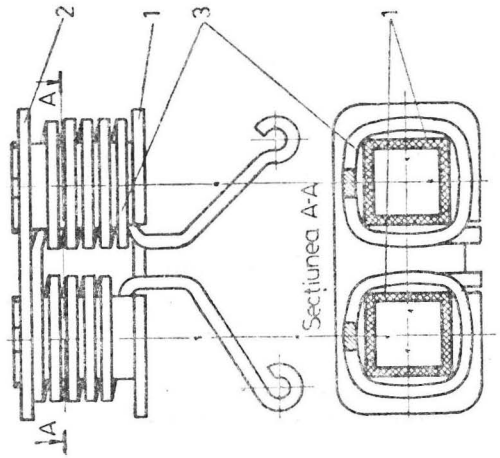


Fig. 3.17. Înfășurarea de curent pe carcasă dublă a unui contor de inducție: 1 — carcasă dublă din polietilenă; 2 — perete lateral demontabil pentru introducerea bobinelor; 3 — bobinaj pe două coloane.

lară), izolate sau neizolate pot fi bobinate pe lat sau pe muchie, așa după cum este ilustrat în figura 3.19.

Pentru a preveni deformarea secțiunii și deci apariția unor distanțe diferite între spire la nivelul diametrului interior față de cel exterior, în cazul pasului constant, la bobinarea pe muchie, vezi figura 3.20, folosind bare din cupru având grad de

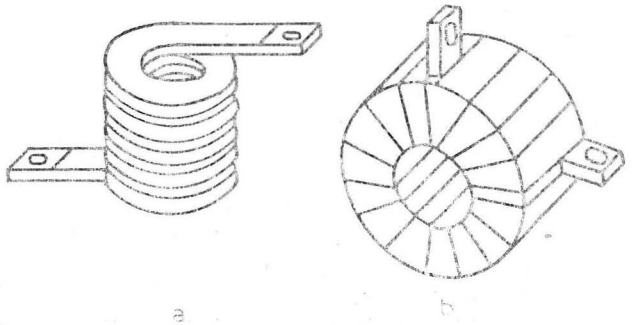


Fig. 3.19. Exemple de bobine pentru intensități mari de curent: a — înfășurate pe muchie; b — înfășurate pe latura mare a secțiunii conductorului (pe lat).

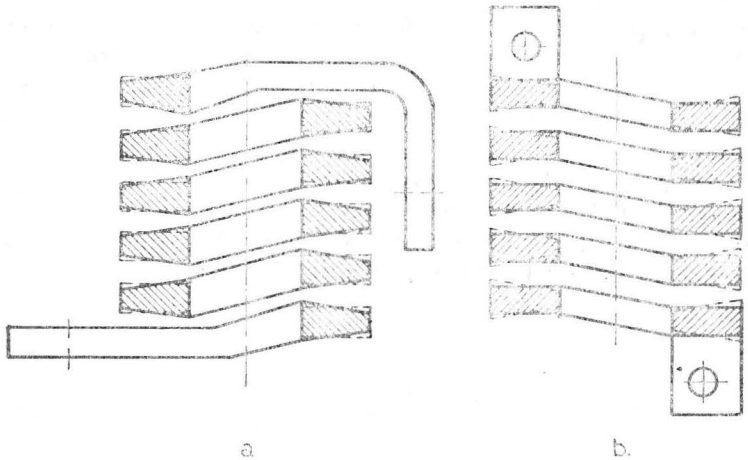


Fig. 3.20. Secțiuni longitudinale prin bobine cilindrice înfășurate pe muchie, din bare de cupru având secțiunea transversală: a — dreptunghiulară; b — trapezoidală.

Notă: *cu linie întreruptă se indică secțiunea barelor înainte de bobinare.*

ecruisare redus, dacă diametrul minim al dornului în jurul căruia se face înfăşurarea este mai mic decît cel din tabelul 3.6, se preferă utilizarea uneia cu profil trapezoidal, care în urma bobinării, prin întinderea straturilor exterioare şi contractarea straturilor interioare, obţine un profil aproximativ dreptunghiular. Executarea operaţiei propriu-zise de bobinare, pentru bobinele de curent de mari intensităţi, se face cu dispozitive speciale ţinînd cont de dimensiunile relativ mari ale profilului (barei) din care urmează a se confecţiona bobina, precum şi de forţa importantă necesară a fi aplicată pentru deformarea materialului în vederea realizării înfăşurării. Dispozitivele sînt diferite dacă operaţiile la care este supus materialul profilat sînt de înfăşurat pe muchie, pe lat sau de răsucire la 90° a capătului bobinei, în vederea fasonării locului de racordare a acesteia în circuit. Dispozitive combinate, pentru o anumită construcţie de bobină de mari intensităţi, permit realizarea înfăşurării şi apoi fasonarea (îndoirea) multiplă a capetelor acesteia, pe muchie şi/sau pe lat pînă la obţinerea formei definitive a bobinei prevăzută în documentaţie. În figura 3.21 se prezintă un exemplu de dispozitiv de înfăşurare pe muchie a barelor de secţiune dreptunghiulară. Se remarcă existenţa plăcii 6, care îmbracă dornul în jurul căruia are loc înfăşurarea, cu un unghi de 270—300°, care asigură perpendicularitatea spirelor bobinei şi preîntîmpină umflarea şi formarea încreţiturilor pe muchia interioară a spirelor. Pentru a micşora frecarea profilului în dispozitiv, pentru micşorarea eforturilor necesare bobinării, bara se unge cu vaselină tehnică STAS 917-73 sau cu alţi lubrifianţi.

Dispozitivele de înfăşurare pe latura mare a secţiunii profilate (pe lat) sînt realizate din platouri turnante, care au axial un dorn în jurul căruia se face îndoirea şi elementele de fixare, respectiv de ghidare a barei profilate. Pentru evitarea fisurării

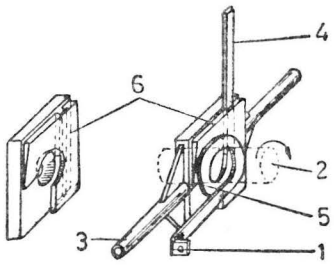


Fig. 3.21. Dispozitiv de înfăşurare pe muchie a profilelor dreptunghiulare: 1 — capătul bobinei; 2 — dorn; 3 — pîrghie-opritor; 4 — bară de secţiune dreptunghiulară; 5 — spiră a înfăşurării pe muchie; 6 — placă de ghidare a spirelor.

barei profilate de înfăşurat pe lat, diametrul minim al dornului în jurul căruia are loc bobinarea trebuie să depăşească valorile indicate în tabelul 3.5.

În afara condiţiilor impuse de diametrele minime de înfăşurare, pe lat sau pe muchie, semifabricatele care intră în operaţii de îndoire trebuie să fie moi, ca să nu crape sau să nu se rupă ca urmare a depăşirii locale a solicitării admisibile unei anumite stări de pretensionare. Tratamentul termic la care trebuie supus semifabricatul profilat înainte de bobinare este funcţie de grosimea şi natura materialului folosit. Astfel, pentru cupru, barele profilate trebuie încălzite la temperaturi cuprinse între 625 şi 700 °C cu menţinere între 1 şi 3 ore în cuptor, iar pentru profil din aluminiu temperatura va fi cuprinsă între 180 şi 200 °C cu menţinere în cuptor între 10 şi 15 ore. Valorile temperaturilor limitei superioare şi durata de menţinere în cuptor mai mare se referă la secţiuni mai mari de material.

Operaţiile unui proces tehnologic de realizare a unor bobine de mari intensităţi de curent, obţinute prin înfăşurare pe lat sau pe muchie, sînt în general următoarele :

— tratamentul termic al semifabricatului pentru eliminarea tensiunilor interne ca urmare a proceselor tehnologice anterioare ;

— bobinarea pe lat sau pe muchie ;

— fasonarea capetelor de bobină (îndoire pe lat, pe muchie, răsucire) ;

— acoperirea suprafeţelor de contact (cositorire, argintare etc.) ;

— găurirea orificiilor de fixare ;

— debavurarea acestora ;

— introducerea izolaţiei între spire (la bobinele înfăşurate pe muchie) ;

În unele cazuri, una sau mai multe operaţii din cele enumerate mai sus pot lipsi, ca, de exemplu : operaţiile de găurire şi debavurare a orificiilor, atunci cînd capetele bobinei sînt fasonate ca în figura 3.17 pentru fixare pe borne, sau operaţia de detensionare a barei atunci cînd materialul este livrat gata detensionat.

În cazul bobinelor turnate, întîlnite ca bobine de suflaj a arcului electric la întreruptoarele automate de joasă tensiune

— vezi figura 3.16 —, operațiile procesului tehnologic de fabricare sînt cele specifice obținerii de piese prin turnare și a prelucrării lor mecanice ulterioare (turnare, frezarea suprafețelor de fixare și contact, găurire, filetare etc.). La unele piese conductoare de curent, vezi, de exemplu, poziția 2 din figura 3.18, în afara operațiilor amintite mai sus poate apare ca necesară o operație de îndreptare-calibrare, care urmărește asigurarea planeității și grosimii uniforme a șuntului în orice secțiune a acestuia.

4. BOBINE DE TENSIUNE (DERIVAȚIE) DIN CONDUCTORI DE BOBINAJ

4.1. CLASIFICĂRI ȘI PROCESE TEHNOLOGICE TIP

Tehnologia realizării bobinelor din conductori filiformi reprezintă un domeniu specific foarte important al fabricației aparatelor electrice de joasă tensiune, dat fiind marea răspîndire a bobinelor în construcția acestora. Importanța confecționării lor rezultă și din rolul primordial pe care îl joacă acestea în conversiunea electromecanică a energiei, funcționînd pe principiul electromagnetului și care asigură fie funcționarea de durată îndelungată a aparatului, fie un număr de manevre de ordinul zecilor de milioane, în cazul funcționării ciclice a sistemului ce conține înfășurarea.

Construcția, caracterizată printr-un număr mare de spire conductoare și de straturi electroizolante, nu permite să se stabilească în limite strînse și să se respecte riguros toleranțele dimensiunilor bobinajelor ; din acest motiv, pentru a se economisi materialul conductor se tinde spre o dimensionare mai precisă a carcaselor sau șabloanelor și de asemenea reducerea adaosurilor capetelor de bobine.

Ponderea mare a lucrărilor de bobinaj, care poate ocupa un volum de muncă de pînă la 30% în construcția aparatelor electromagnetice (contactoare, relee, aparate de măsură etc.), a făcut ca acestea să fie din ce în ce mai mult executate mecanizat, iar în cazul producției de serie mare pe mașini complet automatizate.

Rolul pe care îl pot avea bobinele în construcția aparatelor de joasă tensiune este :

— acționare a sistemelor de comutație, ca la relee și contactoarele electromagnetice ;

— acționarea mecanismelor, cum este cazul declanșatoarelor electromagnetice sau al electromagneților de acționare ;

— reținerea, respectiv eliberarea armăturii feromagnetice, ca în cazul cuplajelor electromagnetice sau al electromagneților elevatori ;

— producerea de fluxuri magnetice, care interacționează cu alte fluxuri magnetice, pe baza căruia se asigură funcționarea anumitor aparate de măsură sau protecție.

Exigențele ce se pun procesului tehnologic se referă la realizarea unor bobine avînd valori acceptabile în ceea ce privește rigiditatea dielectrică, rezistența de izolație, pierderile dielectrice, rezistența mecanică, stabilitatea termică, rezistența la umiditate, higroscopicitatea etc.

După caracteristicile constructive și tehnologice, bobinele din conductori de bobinaj pot fi clasificate după cum urmează :

a) înfășurate pe carcase (figura 4.1, a) ;

b) înfășurate direct pe miezul feromagnetic (figura 4.1, b) ;

c) fără carcase (figura 4.2).

Fiecare din tipurile de mai sus poate avea conductoare flexibile (terminale) pentru ieșire (figura 4.3) sau borne (cleme) cu șuruburi pentru fixarea capetelor înfășurării și pentru racordarea ei în circuit (figura 4.4).

Procesul tehnologic, ilustrat pentru o bobină pe carcasă cu conductoare flexibile (terminale) pentru ieșire, comportă următoarele operații :

— Dezizolarea conductorului și înfășurarea lui pe firul terminal I.

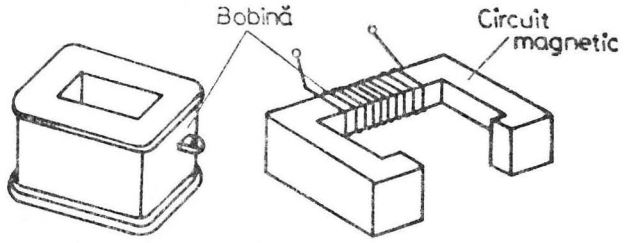


Fig. 4.1. Unele tipuri de bobine folosite în construcția aparatelor electrice : a — înfășurate pe carcase ; b — înfășurate direct pe miezul feromagnetic.

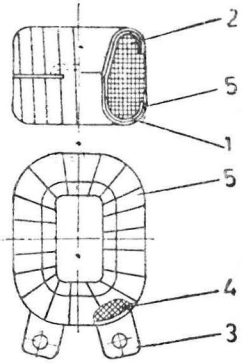


Fig. 4.2. Bobină fără carcasă : 1 — izolație ; interioară ; 2 — înfășurare ; 3 — cleme de legare în circuit ; 4 — izolație montată sub cleme ; 5 — bandă izolatoare exterioară.

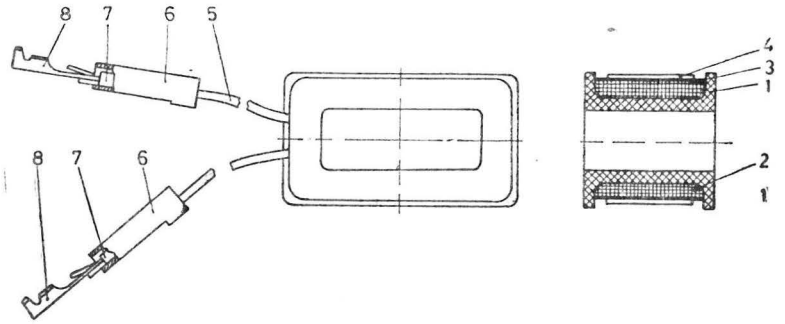


Fig. 4.3. Bobină înfășurată pe carcasă cu conductoare terminale flexibile : 1 — carcasă ; 2 — bobinaj ; 3 — izolație exterioară ; 4 — etichetă ; 5 — conductor de legătură flexibil ; 6 — cutie de conexiuni pentru piese terminale feminine cu limbă ; 7 — fișă plată feminină cu limbă ; 8 — fișă plată cu limbă.

— Decaparea și lipirea cu aliaj de lipit a acestora.

— Așezarea firului terminal, introdus într-un tub izolant flexibil, în carcasă și fixarea de aceasta cu bandă adezivă.

— Fixarea legăturii terminale prin înfășurarea a 4—10 spire peste banda de fixare.

— Introducerea carcasei pe dornul mașinii de bobinare.

— Montarea și fixarea cu bandă adezivă de carcasă a legăturii terminale II.

— Bobinarea propriu-zisă la numărul de spire prescris, introducînd, pentru cele funcționînd la tensiune mare, la 4—5 straturi cîte un strat izolant de hîrtie.

— Izolarea la exterior cu bandă adezivă ;

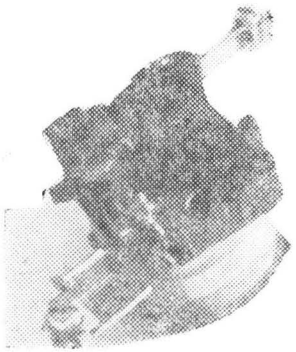


Fig. 4.4. Bobină înfășurată pe carcasă, cu borne și șuruburi pentru racordarea ei în circuit.

— Dezizolarea, lipirea firului de conductorul terminal II și introducerea tubului izolant peste acesta.

— Fixarea etichetei cu : tensiunea de lucru, felul, dimensiunile și numărul de spire al conductorului utilizat, precum și frecvența instalației în care se utilizează bobina, peste care se pune o bandă adezivă transparentă care să permită citirea acesteia.

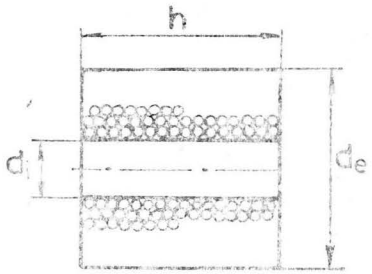
După modul de așezare al spirelor ce formează înfășurarea, deosebim bobinaje executate :

— în rînduri, caracterizat prin aceea că o spiră se suprapune alteia, după cum se vede în figura 4.5 ;

— în șah, la care spira dintr-un strat corespunde intervalului dintre două spire din straturile alăturate, figura 4.6 ;

— neregulat, la bobinarea cu conductori avînd diametru mai mic decît 0,35 mm.

Alegerea unuia sau a altui tip este determinată de cerințele funcționale. Astfel, cu toate că viteza este mai mică la bobinarea în rînduri decît la cea neregulată, influențînd direct productivitatea operației, soliditatea înfășurării în rînduri, ga-



d_i — *diametrul interior al bobinajului ;* d_e — *diametrul exterior al bobinajului ;* h — *înălțimea bobinajului.*

Fig. 4.5. Bobinaj în rînduri :

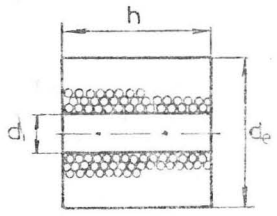


Fig. 4.6. Bobinaj în șah : d_i — *diametrul interior al bobinajului ;* d_e — *diametrul exterior al bobinajului ;* h — *înălțimea bobinajului.*

baritele mai mici și o mai bună cedare a căldurii la acest fel de bobinare sînt principalele cauze care determină utilizarea înfășurării în rînduri. Față de ea, utilizarea înfășurării în șah permite creșterea factorului de umplere, motiv pentru care la plasarea unui număr maxim de amperspire într-o fereastră a circuitului magnetic de dimensiuni date se preferă utilizarea înfășurării în șah față de înfășurarea în rînduri.

4.2. MATERIALE UTILIZATE LA CONFECȚIONAREA BOBINELOR

Materialele utilizate se pot împărți în :
— conductoare ;
— materiale izolante ;
— materiale auxiliare.

4.2.1. MATERIALE CONDUCTOARE FOLOSITE LA REALIZAREA BOBINELOR

Materialele conductoare se folosesc pentru realizarea înfășurărilor propriu-zise, a legăturilor flexibile de ieșire, precum și pentru fabricarea clemelor și bornelor de racordare.

Conductoarele, caracterizate prin conductibilitate electrică ridicată, folosite în mod uzual sînt din cupru. Pentru că oxidul de cupru ce se formează la capetele bobinelor sub influența oxigenului atmosferic înrăutățește proprietățile de contact, capetele înfășurării sînt acoperite cu un strat de aliaj Pb-Sn sau sînt acoperite electrochimic, prin argintare.

Datorită costului său foarte ridicat, argintul nu este folosit pentru confecționarea înfășurărilor.

Aluminiul prezintă dezavantajul că se oxidează puternic în aer și este sensibil la șocuri și vibrații, din care motive utilizarea lui la realizarea înfășurărilor este redusă.

Conductoarele de bobinaj sînt izolate cu bumbac, mătase, email sau fibre de sticlă. Cele izolate cu bumbac sau mătase în unul pînă la trei straturi au o stabilitate termică de 90 °C în stare neimpregnată sau 105 °C în stare impregnată, motiv pen-

tru care folosirea lor în construcția de aparate electrice este restrînsă. Conductoarele de cupru izolate cu email se fabrică în mai multe variante, corespunzînd unor stabilități termice cuprinse între 105 și 180 °C izolate într-un strat (grad 1) sau în două straturi (grad 2), putînd avea sau nu aplicat superficial un strat termoaderent. Acest strat de suprafață din material termoplastic asigură aderența spirelor una de cealaltă la încălzirea ansamblului la 100 °C, nemaifiind necesară o impregnare suplimentară.

Conductoarele de cupru cu secțiune circulară, izolate cu email corespund claselor de izolație indicate în tabelul 4.1, unde se dau și caracteristicile lor constructive.

Dimensiunile standardizate pentru conductoare de cupru de secțiune circulară folosite la bobinaj, precum și toleranțele diametrelor nominale ca și creșterile de diametre datorate izolației sînt cele din STAS 8516/1-73.

În conformitate cu standardul de mai sus :

— simbolul EM corespunde unor conductoare rotunde de cupru emailate (de exemplu, cu email polivinilacetat), cu proprietăți mecanice ridicate,

Tabelul 4.1

Caracteristici funcționale și constructive ale conductoarelor emailate

Tipul izolației simbol	Stabilitatea termică max, °C	Numărul de straturi de izolație	Cu strat superficial termoaderent	Gama de diametre mm
EM (poliamidic)	105 °	1	—	0,08—1,5
EMA (polivinilacetat)	105 °	1,2	×	0,06—3,0
ES (poliuretanic)	105 °	1,2	×	0,06—3,0
ET (tereftalic)	155 °	1,2	×	0,06—3,0
ETS (poliesterimidic)	155 °	1,2	×	0,06—3,0
ZS (cu fibre de sticlă)	155 °	1	×	0,9—6,0
ZSSe (i d e m)	180 °	1,2	×	0,9—6,0

— simbolul EMA corespunde unor conductoare rotunde de cupru emailate cu proprietăți mecanice ridicate, termoaderente (de exemplu, acoperit cu email polivinilacetat și cu un strat termoaderent),

— simbolul ES corespunde unor conductoare rotunde de cupru, emailate, autosudabile (de exemplu, acoperite cu email poliuretanic),

— simbolul ESA corespunde unor conductoare rotunde de cupru, emailate, autosudabile, termoaderente,

— simbolul ET corespunde unor conductoare rotunde de cupru, emailate, cu stabilitate termică ridicată (de exemplu, izolate cu emailuri poliesterice tereftalice),

— simbolul ETS corespunde unor conductoare rotunde de cupru, emailate, cu șoc termic îmbunătățit.

Tensiunile de străpungere pentru conductoarele de bobinaj din cupru, avînd diametrul de pînă la 1 mm sînt indicate în funcție de temperatura de încercare, pentru izolații într-unul sau în două straturi în tabelul 4.2.

Tabelul 4.2

Tensiunile de străpungere ale unor conductoare izolate din cupru

Diametrul nominal al conductoarelor *d*, mm		Tensiunea minimă de străpungere, V			
		La temperatura ambiantă		La temperatura de 155 °C	
peste	până la inclusiv	Grad 1	Grad 2	Grad 1	Grad 2
—	0,063	400	800	300	600
0,063	0,080	500	950	400	700
0,080	0,100	600	1 200	450	900
0,100	0,125	700	1 300	500	1 000
0,125	0,160	800	1 500	600	1 100
0,160	0,200	900	1 700	650	1 300
0,200	0,250	1 000	2 000	750	1 500
0,250	0,315	1 200	2 200	900	1 700
0,315	0,400	1 400	2 400	1 000	1 800
0,400	0,500	1 600	2 800	1 200	2 100
0,500	0,710	1 800	3 100	1 400	2 300
0,710	0,850	1 900	3 500	1 400	2 600
0,850	0,950	2 000	3 700	1 500	2 800

În tabelul 4.3 sînt indicate dimensiunile conductoarelor de cupru foarte flexibile neizolate de tip Cff P, folosite pentru executarea legăturilor terminale la bobine.

Caracteristicile conductoarelor flexibile din cupru de tip Fff izolate cu cauciuc siliconic, utilizate pentru același scop ca cele prezentate mai sus, sînt date în tabelul 4.4.

Firele terminale de ieșire, după lipirea prin cositorire de capetele înfășurării, se fixează de carcasă cu bandă adezivă în

Tabelul 4.3

Conductoare foarte flexibile neizolate din cupru — caracteristici

Secțiunea nominală, mm²	Diametrul nominal al firelor, mm	Diametrul maxim al conductorului, mm	Curentul maxim admisibil, A	Rezistența electrică maximă a conductorului, Ω/km
0,09	0,05	0,6	1,7	222
0,18	0,05	0,8	3,2	110
0,35	0,05	1,1	6	56,7
0,5	0,05	1,3	8	39,4
0,7	0,07	1,5	10	28,4
1	0,07	1,8	13	19,4
1,6	0,07	2,2	18	12,4
2,5	0,07	2,7	24	8
4	0,1	3,3	30	5,07
6	0,1	4,2	38	3,29
10	0,1	5,3	50	1,99
16	0,1	6,7	70	1,25

Tabelul 4.4

Conductoare flexibile izolate — caracteristici constructive

Secțiunea normală a conductorului, mm²	Grosimea radială a izolației de cauciuc siliconic, minimă, mm	Diametrul exterior al conductorului foarte flexibil izolat, mm
0,75	0,60	2,50
1	0,60	2,70
1,5	0,85	3,30
2,5	1,00	4,10
4,0	1,00	5,00
6,0	1,20	6,00
10	1,45	7,70

locașuri special prevăzute, izolîndu-se lipitura, de o parte și alta, cu bandă izolantă din policlorură de vinil, acetat de celuloză, țesături lăcuite din mătase vegetală tip MNL-1 sau mătase naturală MWL-1, avînd grosimi cuprinse între 0,02—0,25 mm. Izolațiile se livrează în suluri de circa 50 m lungime, lățimea benzii fiind cuprinsă între 10—1 000 mm. Montarea firelor terminale se poate realiza în două moduri :

— ambele fire terminale, izolate, pe suprafața de bobinat a carcasei, înainte de începerea procesului tehnologic de bobinare,

— unul pe suprafața de bobinat a carcasei, iar cel de-al doilea, cu 30—70 spire, pe suprafața bobinată a înfășurării înainte de încheierea procesului tehnologic. Cele 30—70 spire servesc pentru fixarea mecanică a acestuia.

În unele cazuri, cînd nu se prevede demontarea frecventă a bobinei, executată din fire cu diametru mai mic ca 0,6 mm, legăturile de ieșire se pot efectua și din conductor de cupru izolat, monofilar cu un diametru maxim 0,6 mm. Conductoarele izolate cu policlorură de vinil, putîndu-se folosi pînă la temperaturi de +70 °C, nu pot fi folosite pentru realizarea legăturilor terminale la bobinele supuse operațiilor de impregnare sau operațiilor de consolidare a conductoarelor acoperite cu strat termoaderent.

În afara firelor terminale flexibile de racordare a înfășurărilor, la circuitele de alimentare sau comandă se pot întîlni cleme, care se fixează de capetele conductoarelor, de forma indicată în figura 4.7, confecționate din tablă de cupru sau alamă de 1—2 mm grosime, de preferință argintate, obținute prin stanțare și îndoire sau borne masive, presate sau uzinate, avînd, de exemplu, forma indicată în figura 4.8.

Clemele se folosesc obișnuit la realizarea bobinelor fără carcasă (vezi figura 4.2), fixarea lor de înfășurare realizîndu-se prin aplicare pe suprafața exterioară a bobinei, intercalînd obișnuit o bucată de carton electroizolant cu grosimea cuprinsă între 0,25 și 0,8 mm și acoperirea urechilor de fixare în banda izolatoare de bumbac sau din poliester pentru clasa de izolație 105 °C sau cu alt material în formă de bandă pentru temperaturi

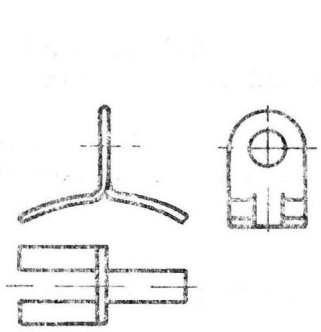


Fig. 4.7. Cleme de fixare, din tablă, a capetelor conductorului de bobinaj.

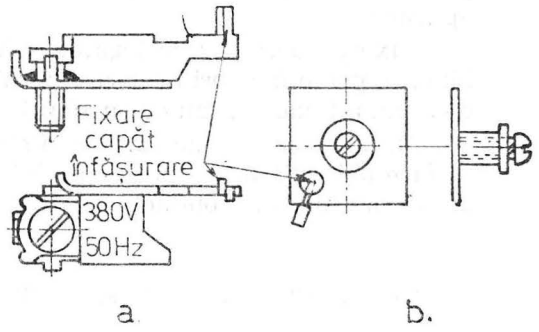


Fig. 4.8. Borne prelucrate, de fixare a capetelor conductorului de bobinaj : a — presate ; b — masive (filetate) cu șaibă și șurub.

Tabelul 4.5

Benzi izolatoare utilizate pentru scopuri electrotehnice

Denumirea	Simbol	Lățimea benzii, mm	Lungimea benzii, m	Grosimea benzii mm	Abaterile la grosime mm
Bandă din bumbac subțire pentru izolație	IS	10 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 ; 45	50	0,12	±0,01
Bandă din bumbac groasă pentru izolație	IG	20 ; 25 ; 30	50	0,45	±0,05
Bandă din poliester pentru izolație	IPES	10 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 ; 45	50	0,16	±0,01

de funcționare mai ridicate. Benzile crude din fire de bumbac sau din fire poliesterice utilizate pentru scopuri electrotehnice au, în conformitate cu STAS 1205-79, caracteristicile indicate în tabelul 4.5.

Bandajarea suprafeței exterioare și fixarea totodată a clemelor de legare din figura 4.7, dacă bobina este prevăzută cu acest mod de racordare, se face într-un singur strat, cu suprapunerea benzii izolatoare pe jumătate din lățimea ei, la fiecare aplicare.

Fixarea bornelor de legătură din figura 4.8 de carcasa bobinei se poate face prin capsare, nituire, lipire cu rășină expoxidică sau alt adeziv, sau cu șuruburi.

Racordarea conductoarelor la clemele sau bornele de fixare se face obișnuit prin lipire, cu aliaj de lipit pe bază de cositor, direct sau folosind conductoare flexibile.

4.2.2. MATERIALE IZOLANTE FOLOSITE LA REALIZAREA BOBINELOR

Materialele izolante servesc pentru realizarea izolației între straturi, a izolației peste stratul exterior al bobinei și eventual ca material pentru confecționarea carcaselor.

Caracteristicile pe care trebuie să le aibă materialele electroizolante folosite pentru izolația dintre straturi sînt : grosime redusă, rigiditate dielectrică ridicată și absorbție mare a lacurilor de impregnare. Ele au rolul de a izola electric anumite porțiuni de bobină, micșorînd gradientul de potențial ce solicită, în caz de supratensiuni, la străpungere, izolația dintre spire, de a permite realizarea unui bobinaj regulat (în rînduri sau în șah) și în cazul izolațiilor cu bumbac, mătase sau email într-un strat fără strat termoaderent, de a îmbunătăți calitatea bobinajului, împiedicînd căderea firelor din straturile superioare peste cele inferioare.

Ca izolație între straturi se poate folosi hîrtia pergaminată STAS 9196-73 și hîrtia pelur STAS 1346-69 pentru clasa de temperatură corespunzînd la 105 °C și banda izolatoare cu strat adeziv, care, în funcție de materialul de bază și felul adezivului, se fabrică pentru domenii de temperatură cuprinse între 80 °C și 180 °C. Dimensiunile și masa specifică a hîrtiilor electroizolante utilizate sînt indicate în tabelul 4.6, iar caracteristicile fizice și electrice ale unor benzi adezive, precum și exemple de utilizare a lor sînt date în tabelul 4.7.

Tabelul 4.6

Caracteristicile unor hîrtii electroizolante

Tipul hîrtiei	Mod de fabricație	Masă specifică		Dimensiuni		
		g/m²	Abateri limită, %	Format maxim	Lățime mm	Abateri limită
Pergaminată tip A	coli	56	±4%	650×960		La lungime și lățime ±4 mm
	suluri	56	±4%	—	85,95 102,150, 165,170	La lățime ±1 mm
Pelur	suluri	31,5	±5%	—	400	±0,5% fără a depăși 4 mm

Materialele electroizolante utilizate pentru confecționarea carcaselor pot fi : termorigide, termoplaste sau stratificate. În cazul materialelor termorigide, livrate sub formă de pulbere sau granule, carcasele se obțin prin presarea acestora în ma-

Tabelul 4.7

Benzi adezive — caracteristici și domenii de utilizare

Material de bază	Tip CMC	Grosimea foliei fără adeziv mm	Grosimea totală mm	Felul adezivului	Forță adezivă N/10 mm	Rezistență la rupere N/mm²	Rigiditatea dielectrică kV/mm	Felul stratului adeziv	Lungimea rolei m	Exemple de utilizare
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Domeniu de temperatură pînă la 90° C								
Polipropilenă	5010	0,015 0,025	0,045 0,060	Rășină sintetică	3,5	120—180	200	pe o parte	66	Izolare între miez și între straturi la bobine relee
	5011	0,025	0,060	Cauciuc sintetic	4,5	120—180	200	pe o parte	66	
		Domeniu de temperatură pînă la 95° C								
Polipropilenă de mare presiune	2610 2611	0,120	0,150	Rășină sintetică	3	200—250	200	pe o parte	66	Cu utilizare universală. Rezistă la umiditate mare, mediu corosiv, temperaturi scăzute

Tabelul 4.7 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Domeniu de temperatură pînă la 120 C								
Acetobutirat Triafol BN	3010	0,045	0,075	Rășină sintetică	10,0	70—90	130	pe o parte	66	Izolație între straturi, lipirea firelor terminale, izolarea derivațiilor și punctelor de lipire
Triacetat	3020	0,040	0,070	Rășină sintetică	10,0	70—90	130	pe o parte	66	
Țesătură din mătase cu acetat	3510	0,155	0,20	Rășină sintetică	5,0	29—33	14	pe o parte	66	Izolație strat exterior, rezistă la lacuri de impregnare, poate fi imprimată
		Domeniu de temperatură pînă la 130 C								
Poliester Mylar	1010	0,025 0,050 0,100	0,060 0,085 0,135	Rășină sintetică	6,6	100—200	160	pe o parte	66	Acoperă un domeniu larg al izolării electrice pentru acest
	1013	0,025 0,050 0,100	0,090 0,110 0,100	Rășină sintetică	6,6	100—200	160	pe ambele părți	33	

Tabelul 4.7 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1018	0,025 0,050 0,100	0,060 0,085 0,135	Termoplast cu turnare la cald la 105° C	În funcție de utilizare	100—200	160	pe o parte	66	domeniu de temperatură. În construcția bobinelor ca izolație a miezului, straturilor și pentru izolarea exterioară
	1023	0,025 0,050 0,100	0,090 0,110 0,160	Polysiloxan	4,8	100—200	150	pe ambele părți	33	
	1040	0,025 0,050 0,100	0,060 0,085 0,100	Rășină sintetică	5,5	100—200	160	pe o parte	66	
Policarbonat MAKROFOL N	4210	0,030	0,060	Rășină sintetică	6,5	80—90	170	pe o parte	66	Bandă aderentă ca strat exterior al bobinelor
Strat buretos din poliester	8010	0,140	0,180	Cauciuc sintetic	5,5	20—50	—	pe o parte	66	Pentru fixarea ultimelor straturi ale bobinei
	Domeniu de temperatură pînă la 155° C									
Polihidantoin RESISTOFOL	6210	0,020 0,040	0,050 0,070	Rășină sintetică	5,5	>100	200	pe o parte	66	Izolant bun între faze chiar la

Tabelul 4.7 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										grosime mică. Rezistent la hidroliză
Țesătură din sticlă	8410	0,090	0,130	Rășină sintetică	4,5	150	2	pe o parte		Rezistent la rupere și temperatură. Impregnabilitate bună
	Domeniu de temperatură pînă la 180° C									
Poliamid KAPTON	7010	0,025 0,050 0,075 0,100	0,060 0 090 0,115 0,140	Rășină sintetică	4,5	180	280	pe o parte	66	Bandă izolatoare pentru solicitări la temperaturi foarte ridicate
Teflon PTFE cu țesături de sticlă	7610	0,120	0,160	Polysiloxan	4,5	110	20—30	pe o parte	66	Pentru solicitări mari la temperaturi, mulaj bun. Rezistență bună la agenți chimici.

trițe încălzite la 140—165 °C și montate pe prese hidraulice. Sub acțiunea temperaturii și presiunii, cuprinse între 1 400—1 600 bari, materialul devenit vîscos umple golurile matriței, luînd forma carcasei. Menținînd acești parametrii pe durata procesului de polimerizare (cca 1 minut pe milimetru de grosime a carcasei) se obține piesa dorită, a cărei formă nu mai poate fi modificată prin presare sau încălzire ulterioară. După presare, carcasele din materiale termorigide trebuie debavurate ca să nu se producă tăierea izolației firului sau chiar retezarea conductoarelor. Debavurarea poate fi efectuată manual, cu pilă lată sau burghiu, pentru producția de serie mică, sau mecanizat pe matrițe cu plăci sau poansoane de debavurare. În acest ultim caz, atît plăcile de debavurare, cît și poansoanele de tăiere trebuie să aibă părțile active, cu o formă și perimetru egale cu cele ale contururilor bavurii sau puntiței ce trebuie înlăturate prin forfecare. Urmele de închidere ale matriței vor fi prelucrate îngrijit prin lustruire cu disc de pîslă.

Materialele termorigide uzuale folosite, care policondensează sub acțiunea presiunii și temperaturii sînt :

— bachelitele ;
— melaminele ;
— poliesterii ;
— ureoformaldehidele.

În funcție de cantitatea și tipul materialului de adaos (făină de lemn, făină minerală, fibre textile, fibre de azbest, fibre de sticlă) se modifică temperatura de utilizare a carcaselor din aceste materiale (între 110 °C și 160 °C), precum și rezistența lor mecanică la șocuri și vibrații.

În figura 4.9 sînt prezentate cîteva carcase termorigide executate prin presare la cald din rășini formaldehidice (bachelitice).

Obținerea carcaselor din materiale termoplaste prin injecție este cel mai productiv procedeu tehnologic de fabricare a suportului pentru bobine. Aceasta, deoarece materialul livrat

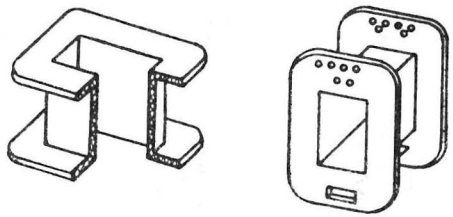
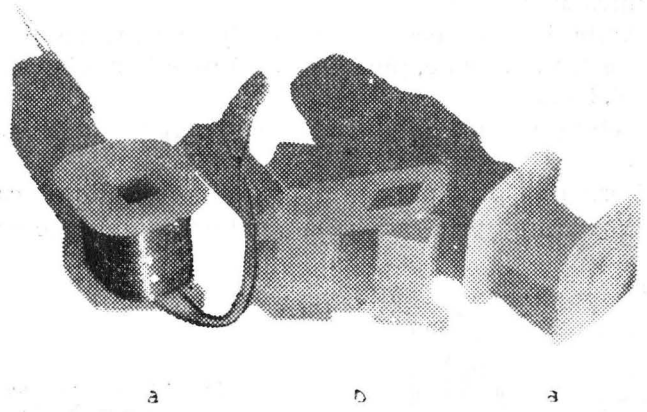


Fig. 4.9. Carcase presate la cald din rășini termorigide pentru bobine.

sub formă de granule și plastifiat prin încălzire la 200—240 °C se injectează într-o matriță închisă, ce cuprinde 2 pînă la 8 cuiburi, cu viteză foarte mare. Întărirea materialului în matriță are loc prin răcire în cazul termoplastelor și sub acțiunea căldurii în cazul duroplastelor. Formarea se poate face la mașini speciale, semiautomate sau automate, care pot să atingă o productivitate de ordinul miilor de carcase pe schimb. Totodată, prelucrînd matrița corespunzător, se pot imprima în relief pe unul din pereții laterali ai carcasei, caracteristicile constructive ale bobinei ce se înfășoară pe aceasta, eliminîndu-se eticheta de identificare a ei. Și carcasele din materiale termoplaste trebuie debavurate după injectare, însă datorită elasticității acestor materiale debavurarea se face mai dificil manual, utilizînd cuțite sau lemne tranșante.

Cîteva construcții de carcase din materiale termoplaste (polietilenă, poliester, poliamide, policarbonat etc.) sînt indicate în figura 4.10.

Carcasa din figura 4.10, *b* are unul din pereții laterali demontabili — este realizată, deci, din două bucăți —, pentru introducerea bobinei de curent prezentată în figura 3.17, blocarea părții laterale împotriva demontării s-a realizat prin prevederea unor proeminențe la extremitatea tubului prismatic al carcasei, peste care, prin elasticitatea plăcii laterale, aceasta se poate introduce.



a b a

Fig. 4.10. Carcase presate din materiale termoplaste pentru bobine : a — pentru o singură înfășurare ; b — pentru două înfășurări înseriate.

Domeniul de temperatură al materialelor termoplaste utilizate la confecționarea carcaselor de bobine, funcție de compoziția acestora e cuprins între 100 și 140 °C.

Utilizarea materialelor stratificate — livrate în plăci — la executarea carcaselor de bobine este limitată, avînd în vedere productivitatea scăzută a decupării și asamblării din piese detașate a acesteia. Ca materiale stratificate se menționează : hîrtia stratificată, cu grosimi cuprinse între 0,5—30 mm, țesăturile de bumbac impregnate și țesăturile de sticlă presate, cu grosimi cuprinse în același interval. Limita de temperatură a acestor materiale este dată atît de straturile de bază, cît și de rășina de impregnare, fiind cuprinsă între 120 °C pentru hîrtie stratificata impregnată cu rășini fenolformaldehidice și 155° pentru țesături de sticlă impregnate cu rășini epoxidice.

Pentru anumite construcții de aparate electrice de joasă tensiune, carcasele bobinelor se pot executa din materiale metalice, din aluminiu sau alamă. Acesta este cazul anumitor relee sau aparate magnetoelectrice cu bobina parcursă de curent continuu. În curent alternativ, asemenea carcase metalice nu se pot utiliza, căci constituind spire în scurtcircuit ar determina apariția de surse suplimentare și nedorite de căldură. O carcasă metalică, ca și cea prezentată în figura 4.11, se poate obține prin următoarea succesiune de operații tehnologice :

1. Decuparea materialului sub formă de tablă de aluminiu cu grosimea de 0,5 mm.

2. Ambutisări succesive (cca 5—7) cu tratamente termice de recoacere, intercalate, pînă grosimea pereților tubului ajunge la 0,15—0,2 mm.

3. Debitare inele din tubul cu pereți subțiri obținut anterior.

4. Formarea prin presare a golului prismatic al carcasei.

5. Bordurarea prin îndoire a părților laterale ale carcasei.

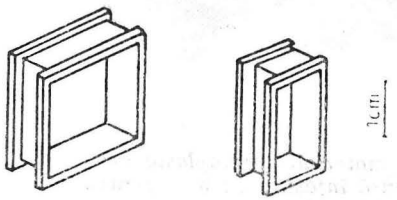


Fig. 4.11. Carcase metalice pentru bobine.

6. Tunderea prin decupare la dimensiunile prescrise ale părților laterale.

7. Acoperirea de protecție și izolație cu lacuri sau vopsele.

Pentru utilizarea și a părții terminale a tubului obținut la operația a 2-a este necesară prevederea operației de perforare a tubului de aluminiu realizat prin ambutisări succesive.

O variantă a procesului tehnologic, prezentat anterior, de realizare a carcaselor metalice pentru bobinele releelor și aparatelor de măsură magnetoelectrice permite înlocuirea ambutisării cu tragere la rece, în acest caz semifabricatul utilizat fiind în formă de țeavă. La micșorarea grosimii țevii, pentru controlul corespunzător al diametrului interior al acesteia, suprafața interioară a țevii trebuie sprijinită prin intermediul unui dorn cînd trece prin filieră. Pentru că și în urma tragerii materialul se întărește puternic, odată cu scăderea proprietăților lui de plasticitate se recomandă ca tragerea să se facă în mai multe reprize, între acestea materialul fiind supus unui tratament termic de recoacere.

4.2.3. MATERIALE AUXILIARE FOLOSITE LA REALIZAREA BOBINELOR

Materialele auxiliare utilizate la execuția bobinelor sînt : aliajele de lipit, substanțele decapante, adezivii, lacurile de impregnare și rășinile de turnare.

Cele mai răspîndite aliaje de lipit sînt cele de staniu și plumb. Pentru racordarea capetelor bobinelor la borne sau la legăturile terminale flexibile se folosesc aliaje de plumb-staniu cu 40—60% staniu (ex. LP 40, LP 50, LP 60). Aderența lor bună la sîrma de cupru utilizată la execuția bobinelor permite o reducere importantă a rezistenței de contact. Se menționează însă că aliajele de lipit au o rezistență mecanică redusă, motiv pentru care trebuie să se asigure din punct de vedere mecanic conductoarele, prin legare, lipire cu adezivi etc. Aliajul de lipit se prezintă sub formă de bară sau sîrmă, uneori sîrma avînd formă de țeavă și are substanța decapantă în interior.

Tuburile din aliaj de lipit, de exemplu, LP 50 tip E, se livrează curent pentru diametre exterioare de 1, 2, 3 și 4 mm.

Deoarece oxidul de cupru ce se formează la suprafața capetelor neizolate ale conductorilor de bobinaj din cupru nu permite efectuarea unei legături electrice corespunzătoare, se uti-

lizează îndepărtarea acestuia cu ajutorul unor substanțe decapante de natură organică sau anorganică. Dintre substanțele decapante de natură organică cel mai utilizat se remarcă a fi colofoniul (sacîzul), deoarece acesta este activ numai în stare topită, resturile de colofoniu rămase după lipire neatacînd conductorul. Tot un amestec organic de decapare sub formă de pastă îl constituie pasta decapantă DS1, în a cărei compoziție intră cca 22% alcool etilic, 60% colofoniu și 18% acid stearic.

Se pot utiliza ca substanțe decapante și compuși neorganici ca, de exemplu : acidul clorhidric, clorura de amoniu etc., însă trebuie ținut seama că urmele rămase pe conductor produc corodarea acestuia și după terminarea operației de lipire, deci trebuie să fie înlăturate rapid și complet de pe suprafața acestuia.

Atît adezivii, cît și lacurile de impregnare folosite sînt materiale lichide în momentul aplicării lor, dar sînt solide în stare finală. Solidificarea are loc în urma unor transformări fizice (evaporarea solventului) sau fizice și chimice (evaporarea solventului, oxidare, polimerizare etc.). Adezivii se utilizează în construcția bobinelor pentru fixarea bornelor de racordare de carcasa bobinei sau la lipirea pieselor din materiale stratificate, din care se pot confecționa carcase. Adezivii cei mai utilizați sînt rășinile naturale pe bază de șelac dizolvate în alcool și care se întăresc prin evaporare, iar dintre rășinile sintetice se remarcă utilizarea adezivilor epoxidici, care se întăresc prin amestecarea cu un întăritor la rece. Cu adezivi epoxidici se pot asambla și piese metalice între ele, ca, de exemplu, tolele circuitelor magnetice ale unor electromagneți. În acest caz, pentru asigurarea unei comportări bune a adezivului se caută să se apropie cît mai mult coeficientul de dilatare termică al peliculei de adeziv de cel al pieselor lipite, lucru ce se poate realiza prin varierea cantității materialului de umplutură. Ca materiale de umplutură se pot utiliza produse organice (fibre textile sau bucăți de țesături) și anorganice (pulbere sau foițe de mică, pulbere sau fire din țesături de sticlă, azbest etc.).

Caracteristicile unor lacuri de impregnare a bobinelor sînt prezentate în tabelul 4.8.

Rășinile de turnare — obișnuit rășini epoxidice — servesc în construcția de aparate electrice la :

— înglobări (îmbrăcarea unui aparat sau montaj electric, de exemplu bobinele de comandă ale contactoarelor funcționînd în medii agresive), în strat de rășini, ca în figura 4.12 ;

Tabelul 4.8

Lacuri de impregnare bobine-caracteristici

Tipul lacului de impregnare	Denumire Cod	Baza lacului	Solvent	Întărire prin	Caracteristici	Utilizări
Oleobituminos	C 41	Uleiuri sicative, bitumuri	White spirt solvent nafta	Reacție chimică și evaporare	Nehigroscopic. Indice de temperatură : 105° C. Uscare în cuptor	Impregnarea bobinelor cu conductor izolat cu bumbac sau mătase
Oleobituminos	C 42	Idem	Idem	Idem	Idem cu uscare mai rapidă	Se impregnează aceleași bobine peste lacul C 41
Oleogliptalic	C 51	Rășina gliptalică, uleiuri sicative	Alcool+ benzen	Reacție chimică și evaporare	Indice de temperatură : 120° C. Higroscopic. Proprietăți electrice medii	Impregnarea bobinelor ce nu lucrează în ulei
Gliptalic	AIM	Rășină gliptalică și melaminică	—	Reacție chimică și evaporare	Proprietăți electrice satisfăcătoare. Rezistă la căldură și curenți de suprafață. Indice de temperatură : 120° C	Impregnarea înfășurărilor din conductoare emailate
Epoxidic	Araldit MY-745	Rășină epoxidică	—	Reacție chimică	Proprietăți electrice bune, mecanice — medii. Indice de temperatură : 155° C.	Impregnarea bobinelor funcționînd la temperaturi ridicate

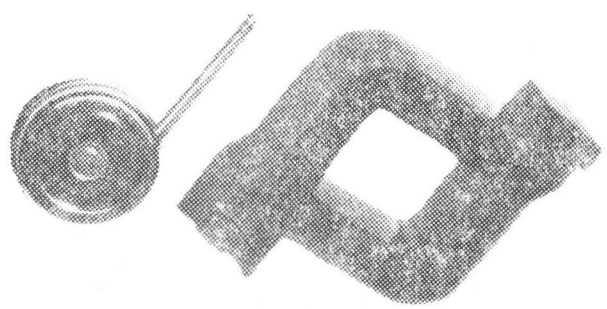


Fig. 4.12. Bobina unui contactor electromagnetic înglobată în rășini termorigide.

— etanșări (izolarea față de mediul înconjurător a unui aparat montat într-o carcasă) ;

— turnarea de piese masive cu diferite profile (izolatoare, bare, plăci etc.).

Pentru clasa de temperatură de 120 °C se folosește rășina epoxidică DINOX 110, amestecată cu întăritor (anhidrida ftalică) și cu praf de porțelan, iar pentru funcționare la temperatura de 155 °C se folosește rășina Araldit F, amestecată cu întăritorul HY-905, acceleratorul DY-061, flexibilizatorul DY-040 și praf de porțelan. Întărirea acestor rășini epoxidice se face la cald, la temperaturi cuprinse între 120—140 °C. Introducerea materialului de umplutură în rășină trebuie făcută încălzindu-l la temperatura rășinii topite. Odată cu introducerea umpluturii intră în rășină și o cantitate mare de aer, a cărui evacuare naturală este cu atît mai dificilă cu cît amestecul este mai vîscos. Pentru obținerea unei mase omogene, fără incluziuni de gaze este necesară o degazare forțată a amestecului. Această operație se face într-un recipient ermetic închis, în care se asigură un vid de 0,1—0,3 mm Hg. În timpul degazării, în cazul rășinilor solide sau vîscoase, amestecul este menținut la temperatura de fluidizare a rășinii și agitat tot timpul pentru a ușura evacuarea aerului. Rășinile epoxidice cu adaos de umplutură au tendința de a deveni casante. Adăugarea de plastefianți și flexibilizatori dă produsului finit o elasticitate mărită, în funcție de cantitatea adăugată, scăzînd mult tensiunile interne din masa întărită și deci pericolul de fisurare.

4.3. TEHNOLOGIA FABRICĂRII BOBINELOR ȘI UTILAJE SPECIFICE

4.3.1. DATELE DE ÎNFĂȘURARE

Spre deosebire de celelalte piese ce intră în alcătuirea unui aparat electric, pentru completa confecționare a bobinei nu este suficientă reprezentarea acesteia pe desen în stare asamblată. În afara desenului carcasei, trebuie indicate într-o notă, alăturată ansamblului bobinei, datele tehnice, care cuprind indicații necesare realizării, precum și principalele ei caracteristici.

În general, conținutul unei asemenea note de calcul cuprinde următoarele :

1. Denumirea bobinei, după funcția pe care o îndeplinește în aparat (de exemplu, bobină de comandă, de acționare, mobilă etc.).
2. Tensiunea nominală a bobinei (de exemplu, 220 V, 50 Hz).
3. Spațiul de bobinaj (înălțimea×lungimea) determinat prin secționarea acesteia cu un plan longitudinal.
4. Materialul și tipul conductorului de bobinaj (de exemplu, conductor de cupru rotund STAS 8516-73 tip EM).
5. Diametrul conductorului fără izolație (de exemplu, 0,1 mm).
6. Diametrul conductorului cu izolație (de exemplu, 0,139 mm).
7. Secțiunea transversală a conductorului.
8. Numărul de spire (de exemplu, 2 000 ± 0,5).
9. Numărul spirelor într-un strat.
10. Numărul de straturi.
11. Lungimea medie a unei spire.
12. Lungimea totală a conductorului bobinei.
13. Greutatea conductorului bobinei.
14. Rezistența electrică a bobinei, în stare rece, cu toleranțele valorii admisibile.
15. Curentul nominal în stare caldă.
16. Puterea activă maximă a bobinei montate pe circuitul magnetic.
17. Suprafața de răcire a bobinei.

18. Sensul de înfășurare al bobinei.
19. Tratamente termice-rețetă, temperatură, durată.
20. Factorul de putere minim, pentru bobinele de c.a. montate pe circuitul magnetic etc.

4.3.2. TEHNOLOGIA EXECUTĂRII BOBINELOR CILINDRICE PE CARCASE

Procesul tehnologic al bobinelor cu carcase, descris la paragraful 4.1, comportă următoarele operațiuni principale : fixarea firelor terminale pe carcasă și lipirea începutului înfășurării, bobinarea, izolarea, executarea celei de-a doua ieșiri, impregnarea sau alt tratament termic pentru consolidare și încercări electrice finale.

Bobinarea — ca principala operațiune tehnologică specifică — se poate realiza la mașini manuale sau prevăzute cu motor de antrenare. Mașinile manuale utilizate în producția de serie mică, pentru realizarea bobinelor cu un număr mic de spire se pot amenaja și din mașini de găurit manuale. În ceea ce privește mașinile cu acționare mecanică, există numeroase tipuri de mașini de bobinat cilindric, care diferă între ele după principiul constructiv, limitele de turație, diametrul sîrmei care se poate utiliza etc. Oricare ar fi acestea, sistemul lor cinematic trebuie să îndeplinească următoarele funcții, pe care le pretinde tehnologia bobinării :

— realizarea spirelor prin rotirea carcasei bobinei cu desfășurarea continuă a conductorului de pe mosorul de alimentare ;

— deplasarea longitudinală uniformă a conductorului în vederea realizării straturilor înfășurării și inversarea sensului deplasării longitudinale la terminarea unui strat ;

— înregistrarea și afișarea permanentă a numărului de spire bobinate ;

— întinderea uniformă și continuă a conductorului de bobinaj, fără depășirea limitei sale de elasticitate, în vederea realizării unei bobine compacte, cu conductoarele din straturi și dintre straturi strîns aplicate.

Totuși, spirele nu trebuie să fie riguros lipite unele de celelalte în timpul bobinajului, deoarece conductoarele sînt fabricate cu diferite toleranțe. Avansul trebuie să fie de așa natură reglat încît să se obțină un mic spațiu între spire, care să permită compensarea acestor toleranțe.

Cele mai răspîndite mașini de bobinat din industria electrotehnică sînt cele semiautomate, la care doar introducerea carcaselor, fixarea firelor terminale și demontarea bobinelor gata confecționate se efectuează manual. Ele sînt compuse din următoarele părți principale :

— un ambreiaj și frînă, care asigură o pornire lină și progresivă a operației de bobinare ;

— o cutie de viteze pentru mișcarea de avans cu 4—6 game și alta pentru mișcarea de bobinare cu 3 sau 6 viteze. Cele cu 3 viteze, numite cu turații standard sînt în domeniul 0—6 000 t/min, iar cele cu 6, le au cuprinse în domeniul 0—12 000 t/min (0—14 000 t/min), jumătatea a doua a domeniului corespunzînd turațiilor rapide ;

— dispozitive de deplasare a elementului de ghidaj al conductorului ;

— cuplaj mecanic, care asigură inversarea automată și precisă a sensului mișcării de avans, comandat de limitatoare cu șurub micrometric (de exemplu, a lățimii de bobinare) ;

— dispozitive de reglare a forței de întindere a conductorului în timpul bobinării ;

— numărător de spire, care permite oprirea automată a mașinii la atingerea numărului de spire prescris.

Schema cinematică a unei mașini de bobinat semiautomate este reprezentată în figura 4.13.

De la motorul de antrenare, prin cutia de viteze și curelele trapezoidale mișcarea se transmite la axul principal al mașinii de bobinat. De la acesta, prin intermediul unui mecanism melcroată melcată se antrenează dispozitivul de așezare a spirelor, care cuprinde ca elemente cinematice rola 1 și discul 2. Poziția rolei față de disc stabilește pasul de așezare al spirelor bobinei și poate fi modificată cu ajutorul manivelei 3. Pinioanele 4 și 9 se rotesc în sens contrar și pot intra în angrenare alternativ cu roțile dințate 6 și 8, care comunică mecanismului de așezare 5 o mișcare alternativă. Angrenarea uneia sau a alteia din cele două roți dințate intermediare 6 și 8 se face de către limitatoarele de cursă 10 (așezate pe tija 11), prin sistemul de pîrghii al mecanismului de reversare 7. Poziția limitatoarelor 10 se alege în funcție de lungimea carcasei bobinei, iar pornirea mașinii se face de la pedala 12.

La mașinile semiautomate, complexe, pe lîngă bobinarea pe mai multe carcase simultan există posibilitatea introducerii de izolații intermediare, între straturi.

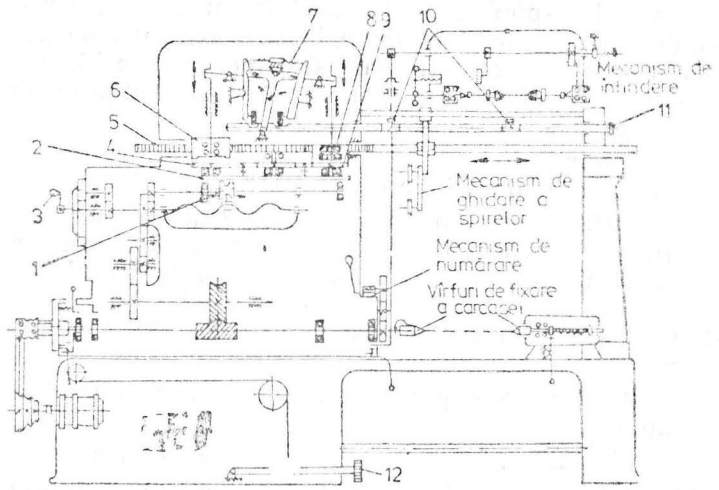


Fig. 4.13. Schema cinematică a unei mașini semiautomate de bobinat cilindric: 1, 2 — rolă și disc de regiare a pasului de înfășurare; 3 — manivelă; 4, 6, 8, 9 — roți dințate; 5 — cremalieră; 7 — mecanism de reversare; 10 — limitatoare de cursă; 11 — tija mecanismului de reversare; 12 — pedală.

Pentru ca derularea firelor de pe bobine să se facă cu viteză mare (de cca 5 m/s), mosoarele ce conțin conductorul de bobinaj sînt plasate în poziție verticală, ele rămînînd în poziție staționară.

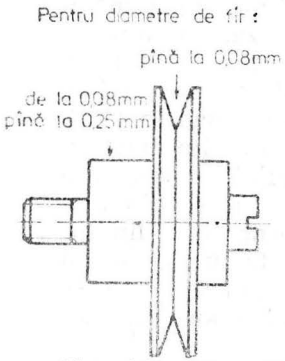


Fig. 4.14. Dispozitiv de frînare a firelor la mașinile de bobinat.

Dispozitivele de frînare a firelor, pentru dimensiuni mici ale acestora (maximum 0,08 mm) sînt cu role metalice, avînd practicat un canal în formă de V pe periferia lor (vezi figura 4.14), pentru conductori de diametru mai mare frînarea realizîndu-se prin trecerea firului peste suprafețe cilindrice cauciucate.

Elementele de întindere ale conductorului pot fi de tipul cu mosorul așezat orizontal sau vertical. Cele cu mosorul vertical au o răspîndire mai mare, prezentînd următoarele avantaje:

— risc de rupere a conductorului mai redus;

— derulare cu viteza mai mare;

— gamă largă și reglaj rapid al forței de întindere a conductorului;

— risc mai scăzut de deteriorare a izolației conductorului.

Ca dezavantaje, se menționează faptul că nu pot fi executate cu două posturi de lucru, unul de bobinare — în fața mașinii —, iar altul de pregătire, de încărcare al carcaselor goale, în spatele mașinii.

Tensiunea recomandată [55] pentru fire din cupru emailate, pentru viteze de derulare pînă la 5 m/s, este indicată în tabelul 4.9, iar pentru viteze de derulare de 4 m/s se dă în tabelul 4.10.

Tabelul 4.9

Tensiuni mecanice maximale pentru bobinarea cu viteze de 5 m/s

Forța, N	0,43	0,54	0,65	0,78	0,93	1,08	1,25	1,61
Diametrul conductor, mm	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,15
Forța, N	1,81	2,25	2,72	3,23	3,80	4,10	4,38	5,05
Diametrul conductor, mm	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,25	0,26	0,28

Tabelul 4.10

Tensiuni mecanice maximale pentru bobinarea cu viteze de 4 m/s

Forța, N	0,02	0,03	0,04	0,05	0,10	0,17	0,25	0,33
Diametrul conductor, mm	0,012	0,015	0,018	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06

Oprirea automată a mașinii în cazul ruperii firului sau golirii mosorului, ce conține conductorul de bobinaj se realizează cu ajutorul unui dispozitiv prezentat în figura 4.15, care cuprinde brațul cu rolă 1 ce ghidează conductorul și care se găsește în poziția normală de funcționare orizontal (poziția figurată punctat). La ruperea sau terminarea conductorului de pe mosor, brațul cu rolă 1 urcă brusc în poziția inițială, comandînd microîntrerupătorul 2, care oprește mașina prin intermediul electromagnetului de frînare 3. Același dispozitiv, prezentat în figura 4.15, asigură pornirea lină a operației de bobinare, electromagnetul de frînare 3 fiind decuplat doar la tragerea de către conductorul de bobinare a brațului cu rolă 1 în jos.

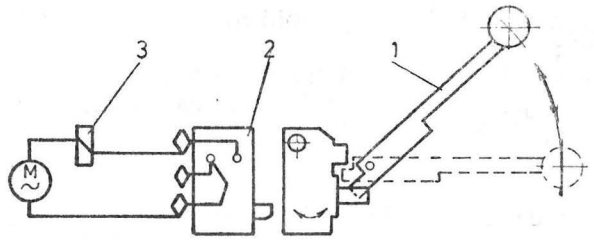


Fig. 4.15. Dispozitiv de oprire automată la ruperea firelor, la mașinile de bobinat: 1 — braț cu rolă; 2 — microîntreruptor; 3 — electromagnet de frînare.

În figura 4.16 se prezintă o mașină semiautomată de bobinat cilindric cu post de pregătire tip MB-6, executată de Electrotimiș Timișoara. Caracteristicile principale ale acestei mașini sînt :

— diametrul conductorului de bobinat de la 0,05 la 1,5 mm ;

— gama de avansuri de la 0,05 la 1,5 mm/rotație ;

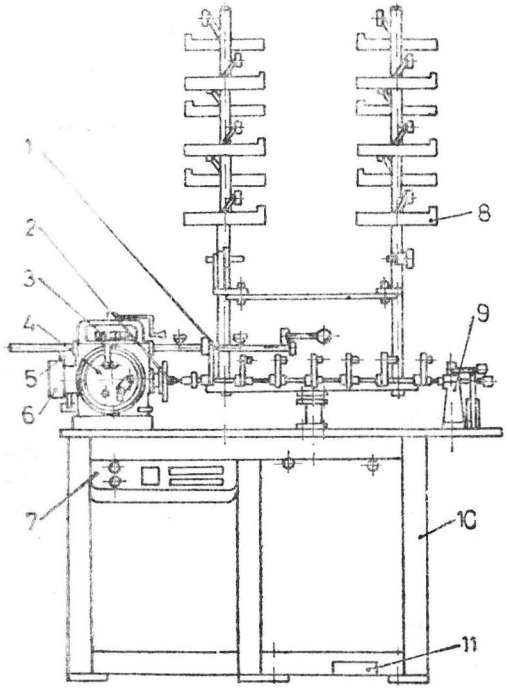


Fig. 4.16. Mașină de bobinat cilindric tip MB-6 : 1 — mecanism de ghidare fir; 2 — arbore principal; 3 — numărător de spire; 4 — păpușă fixă; 5 — motorul electric de acționare; 6 — curea de antrenare; 7 — echipamentul electric și electronic de comandă; 8 — derulator dublu, turnant; 9 — păpușă mobilă; 10 — masă suport; 11 — pedală de acționare.

— viteza de bobinare : 1 600 rot/min ; 3 000 rot/min ; 4 800 rot/min ;

— lățimea de bobinat : minimum 10 mm ;

— numărul maxim de bobine de 125 mm cu conductor avînd ∅ 0,5 mm : șase.

Mașina se compune din masa suport 10, în care se află echipamentul de comandă electrică și electronică 7. Motorul de antrenare 5, transmite mișcarea de rotație prin intermediul unui reductor cu curele, 6, păpușii fixe, 4, care conține mecanismele antrenării arborelui principal, 2, și al mecanismului de ghidare, 1, al conductorului. Suportul carcaselor de bobinat se prinde între vîrfurile păpușii fixe, 4, și al păpușii mobile, 9. Derulatorul dublu, 8, turnant, cu care este echipată mașina, permite bobinarea simultană a șase bobine. Mașina este prevăzută cu :

— un numărător de spire 3, care comandă oprirea automată a mașinii la atingerea numărului de spire reglat ;

— dispozitive de siguranță, care opresc automat mașina în cazul ruperii conductorului sau al terminării mosorului ;

— pedală de acționare, de picior, 11 și potențiometre de comandă a cuplului de pornire și a turației de regim.

Unele mașini de bobinat sînt echipate cu dispozitive de oprire automată după 1 ; 2 ; 4 ; 6 și mai multe straturi, pentru introducerea manuală a izolației între straturi. Introducerea automată sau semiautomată a hîrtiei mărește și mai mult productivitatea muncii și ușurează deservirea mai multor mașini de către un singur muncitor.

Combinarea introducerii automate, cu o comandă electronică permite, pe lîngă pornirea lină, variația continuă și în limite largi a turației, reducerea automată a turației în momentul introducerii hîrtiei izolante și reducerea automată a turației la apropierea numărului de spire prestabilit. Există de asemenea mașini de bobinat cu comandă program, la care acesta se înregistrează la executarea cu comandă manuală a unei bobine etalon. Cu ajutorul unui demultiplicator, înregistrarea programului se poate face cu viteză redusă, ceea ce permite mărirea preciziei de înregistrare și de bobinare. Bobinarea se poate face pe carcase cu diametrul de 13—114 mm, folosind conductoare cu diametrul cuprins între 0,05—0,46 mm și executînd simultan pînă la 12 bobine.

Fixarea carcaselor pe axul mașinii de bobinat se poate realiza cu dispozitive de diferite construcții. Astfel, în figura 4.17 se prezintă un dispozitiv de fixare a unei singure carcase. Uti-

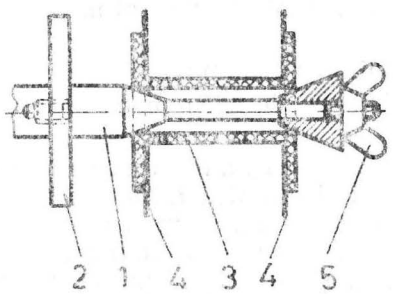


Fig. 4.17. Dispozitiv de fixare a unei singure carcase pe axul mașinii de bobinat cilindric : 1 — dornul mașinii de bobinat; 2 — plan șaibă; 3 — carcasă; 4 — rondele izolante; 5 — piuliță fluture.

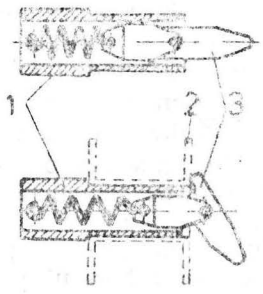


Fig. 4.18. Dispozitiv de fixare rapidă a unei singure carcase pe axul mașinii de bobinat cilindric : 1 — axul tubular al mașinii de bobinat; 2 — carcasă; 3 — opritor.

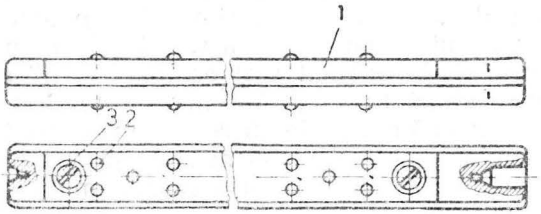


Fig. 4.19. Dispozitiv de fixare rapidă a mai multor carcase la mașinile de bobinat cilindric : 1 — bară ; 2 — bilă ; 3 — șurub.

lizînd dispoztivul de fixare din figura 4.18 se mărește productivitatea operației, scurtînd timpul de introducere și scoatere a carcasei de pe dornul de bobinare.

Cu dispozitivul de așezare pentru mai multe bobine ilustrat în figura 4.19, fixarea carcaselor, pe barele de oțel de secțiune egală cu a golului carcasei, se face cu ajutorul unor bile introduse în orificii practicate în bară și împinse de către resoarte, permițînd în același timp introducerea și scoaterea ușoară a acestora.

4.3.3. TEHNOLOGIA BOBINELOR CILINDRICE FĂRĂ CARCASE

Înfășurarea bobinelor cilindrice fără carcase se efectuează pe dispozitive numite șabloane, confecționate din materiale metalice sau nemetalice. Pentru a asigura posibilitatea scoaterii bobinei de pe șablon, partea centrală a acestuia este secționată oblic. De asemenea, ținînd cont de necesitatea consolidării mecanice a înfășurării, obișnuit realizate prin bandajare cu bandă din bumbac sau din poliester pentru izolații, STAS 1205-79, dimensiunile șablonului pentru interiorul bobinei trebuie să fie mai mari (cu grosimea straturilor izolante) decît dimensiunea bobinei impusă prin desen, iar lungimea părții bobinate de pe șablon trebuie să fie mai mică — din aceleași motive — decît înălțimea în stare finală a bobinei fără carcasă. Unele construcții de bobine prevăd unul sau cîteva straturi de izolație în foi pentru suprafața interioară a bobinei, care este în atingere cu miezul magnetic și în care caz se fixează acestea pe suprafața centrală a șablonului cu un liant. Înainte de a se începe înfășurarea, pe fiecare latură a șablonului, la bobinele cu golul interior de formă paralelipipedică, se fixează cîte o bandă de tip IS (vezi tabelul 4.5), pentru consolidarea ei exterioară.

În figura 4.20 este reprezentată o bobină fără carcasă, neacoperită în exterior cu izolație și care este întărită cu patru bucăți din bandă izolantă din bumbac sau poliester. Operațiile procesului tehnologic de realizare a bobinelor cilindrice fără carcase pot fi, de exemplu, următoarele :

— montarea șablonului, cu flanșele lui laterale, pe dornul mașinii de bobinat ;

— plasarea pe laturile șablonului a unei bucăți din bandă izolatoare din bumbac și fixarea cu bandă adezivă ;

— fixarea conductoarelor terminale în locașurile prevăzute în șablon și lipirea de primul a capătului conductorului de bobinaj ;

— bobinarea propriu-zisă, cu introducerea în caz de necesitate a izolațiilor între straturi ;

— lipirea capătului înfășurării de firul terminal II ;

— izolarea exterioară cu un strat subțire (0,25 mm) de preșpan ;

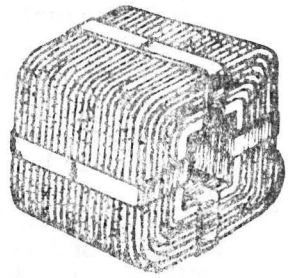


Fig. 4.20. Bobină fără carcasă consolidată cu patru benzi izolante.

— legarea strînsă cu cele patru bucăți de bandă de bumbac a bobinei pentru împiedicarea derulării spirelor la scoaterea ei de pe șablon ;

— înfășurarea exterioară cu bandă de bumbac pentru consolidarea mecanică și izolare electrică a bobinei scoase de pe șablon ;

— fixarea etichetei pe suprafața exterioară a bobinei.

Avînd în vedere ponderea mare a timpilor auxiliari de pregătire a șablonului în vederea începerii operației de bobinare, cît și a celor legați de consolidarea mecanică cu benzi izolatoare a bobinelor cilindrice fără carcase după terminarea bobinării, productivitatea realizării acestor tipuri este mai scăzută decît a bobinelor înfășurate pe carcasă, indiferent de tehnologia de realizare — manuală sau mecanică —, motiv pentru care bobinele fără carcasă tind să fie înlocuite cu bobine cu carcase. Totuși, pentru anumite bobine, de dimensiuni mari, utilizate, de exemplu, ca electromagneți (solenoizi) de acționare sau înfășurările electromagneților elevatori, din motive economice se preferă utilizarea bobinelor fără carcasă.

4.3.4. TEHNOLOGIA BOBINĂRII PE MIEZURI TOROIDALE

Apariția circuitelor magnetice ale aparatelor electrice de formă toroidală, executate din tablă prin spiralizare sau din pulberi feromagnetice prin presare-sinterizare (vezi paragraful 6.4) a impus modificarea tehnologiei de realizare a bobinelor, deoarece cele cilindrice nu se puteau introduce pe circuitul magnetic închis. Bobinarea acestor circuite magnetice se poate face fie manual, cu implicațiile asupra productivității ce decurg din aplicarea unor asemenea procedee, fie cu mașini speciale de bobinat miezuri toroidale utilizate în cazul unor producții de serie.

Înainte de începerea operației propriu-zise de bobinare, se izolează prin bandajare circuitul magnetic cu bandă izolantă din bumbac, poliester sau țesături din fibre de sticlă, funcție de temperatura de funcționare a ansamblului, pentru protejarea izolației conductorului împotriva deteriorării ei de către muchiile ascuțite ale torului feromagnetic. Bandajarea se face prin suprapunerea, pe 1/2÷2/3 din lățimea benzii unei spire, pe banda spirei anterioare, realizînd în acest fel la o singură trecere (acoperire) completă a periferiei torului o protejare a circuitului magnetic cu 2—3 grosimi ale benzii izolatoare folosite. Consolidarea mecanică a acestei benzi izolatoare se poate face fie prin legare provizorie cu sfoară, fie prin aplicarea cîtorva inele din bandă adezivă. Și bandajarea circuitului magnetic cu bandă izolantă se poate face manual sau la mașini speciale de izolat.

Principiul de funcționare al unei mașini de bandajat (izolat) miezuri toroidale este indicat în figura 4.21, unde 1 este circuitul magnetic de izolat, 2 — banda izolantă, iar 3 — suveica.

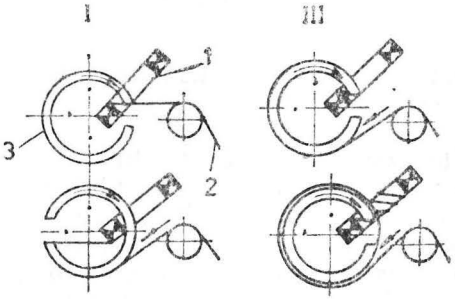


Fig. 4.21. Principiul de funcționare al unei mașini de izolat (bandajat) circuite magnetice toroidale : 1 — circuit magnetic toroidal; 2 — bandă izolantă; 3 — suveica.

Capătul benzii izolante se lipește de circuitul magnetic cu rășină epoxidică sau cu bandă adezivă, apoi se introduce torul feromagnetic în suveică și se pornește mașina. Banda înfășoară simultan cîte o spiră în jurul secțiunii torului și una în jurul suveicii. Perimetrul suveicii fiind mult mai mare decît perimetrul secțiunii circuitului magnetic, după un timp, în jgheabul de la periferia suveicii se acumulează o anumită lungime de bandă izolantă. După umplerea jgheabului, banda se rotește și izolarea are loc cu rezerva de bandă din jgheabul suveicii.

O construcție asemănătoare are și instalația de bobinare propriu-zisă, prezentată în figura 4.22. Suveica, ghidată interior pe 3 role, se poate deforma, după cum se indică în detaliul 1, pentru a permite introducerea pe ea a circuitului magnetic toroidal bandajat, conform tehnologiei descrise anterior. În detaliul 2 se indică operația de încărcare a conductorului de bobinaj în jgheabul suveicii, de pe mosorul de alimentare, obținut prin rotirea în sensul indicat al săgeții, un număr de ture astfel prescris încît să se încarce lungimea desfășurată a conductorului bobinei toroidale. Prin rotirea în sens contrar, conform de-

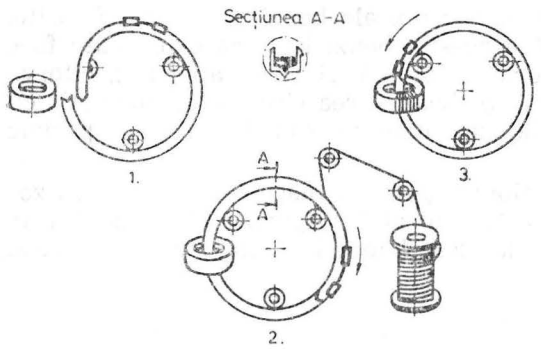


Fig. 4.22. Schema principială a unei mașini de bobinat pe miezuri feromagnetice toroidale : 1 — introducerea suveicii pe miezul toroidal; 2 — încărcarea suveicii cu conductorul de bobinaj; 3 — bobinarea propriu-zisă pe miezul toroidal.

talului 3 al figurii 4.22, după fixarea de tor al capătului înfășurării, în vederea realizării ieșirii bobinei, se începe operația propriu-zisă de bobinare realizată cu ajutorul celor 2 agățătoare. Ele asigură trecerea firului conductor pe suprafața interioară a torului, urmată apoi de plasarea lui pe suprafața exterioară, datorită celui de-al doilea agățător. Distanța dintre cele două agățătoare de pe suveică se reglează astfel încît să corespundă semiperimetrului torului de bobinat. Mișcarea de avans, necesară plasării unei spire lîngă alta, se realizează prin rotirea concomitentă și sincronizată a torului magnetic cu rotirea suveicii, comandată de instalația de bobinare toroidală.

După plasarea ultimei spire, se fixează și lipește prin cositorire de capătul ei firul flexibil terminal corespunzător celei de-a doua ieșiri.

În continuare, bobina astfel realizată se poate izola exterior — dacă documentația de execuție prevede aceasta —, similar cu bandajarea torului magnetic, pe instalația descrisă în figura 4.21. Turațiile de lucru ale mașinilor de bandajat-izolat circuite magnetice toroidale și ale mașinilor de bobinat toroidal sînt cuprinse în general între 100÷400 rot/min.

4.4. TEHNOLOGIA IMPREGNĂRII BOBINELOR

Impregnarea bobinelor constă în umplerea cu lac electroizolant a porilor izolației și a golurilor ocupate de aer în bobinaj. Prin impregnarea bobinelor, cu rășini electroizolante, se obține :

— mărirea conductibilității și stabilității termice prin umplerea golurilor de aer cu compoziția de impregnare care se solidifică ;

— mărirea stabilității la umezeală, în special la bobinele cu conductori izolați cu fibre vegetale (bumbac, mătase), prin umplerea porilor izolației neimpregnate ;

— mărirea rigidității dielectrice a ansamblului, prin același efect de umplere a golurilor existente între spire ;

— mărirea rezistenței mecanice a bobinei eliminînd posibilitatea deplasării spirelor și straturilor, precum și distrugerea izolației prin frecare, ca urmare a trepidațiilor sau a eforturilor electromagnetice.

Procesul tehnologic de impregnare comportă uscarea preliminară, impregnarea propriu-zisă și uscarea pieselor impregnate. Tehnologia impregnării se concretizează, în funcție de forma și dimensiunile bobinelor de impregnat, de natura izolației, a mediului de funcționare și a rășinii de impregnare alese, stabilindu-se numărul și regimul corespunzător fiecărei impregnări.

Uscarea bobinelor se face înainte de impregnare, pentru îndepărtarea umidității, a cărei existență impiedică pătrunderea completă a compoziției de impregnare în porii izolației, iar după impregnare, prin uscare, se îndepărtează solvenții lacului utilizat sau se asigură prin polimerizare întărirea rășinii utilizate. Pentru ambele operații de uscare se întrebuințează, de obicei, aceleași instalații. Uscarea prealabilă se poate face în vid, în autoclave, la temperaturi de 80—100 °C, timp de 0,5—2 ore, funcție de dimensiunile și construcția bobinelor sau în cuptoare tunel, cu circulație de aer cald la temperaturi de 110—130 °C, timp de 1,5—3 ore, funcție de aceiași factori ca la uscarea în vid. Uscarea bobinelor impregnate, cînd are loc procesul de polimerizare al materialului de impregnare, se poate efectua la temperaturi cuprinse între 100 și 160°, funcție de tipul compoziției de impregnare, conform prescripțiilor producătorului. Timpul de uscare în cuptoare a bobinelor impregnate, variind de la cîteva secunde pînă la cîteva zeci de ore, depinde de următorii factori :

— temperatura din cuptorul de uscare ;
— viteza și volumul schimbului de aer ;
— construcția și dimensiunile bobinelor ;
— proprietățile compoziției de impregnare.

Utilizînd impregnarea cu rășină epoxidică Araldit-MY-745, timpul de uscare (polimerizare) a rășinii este de 16 ore la tem-

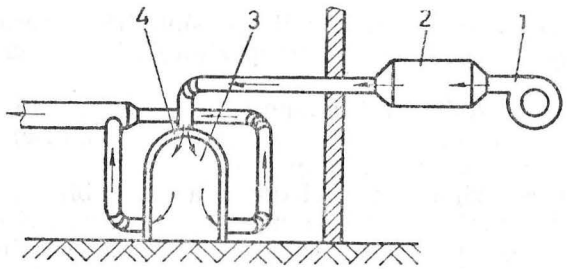


Fig. 4.23. Schema unei instalații de uscare a bobinelor impregnate : 1 — ventilator ; 2 — schimbător de căldură (radiator) 3 — camera de uscare (tunel) ; 4 — izolația termică a tunelului.

peratura de 100 °C din cuptor, respectiv de 10 ore pentru uscare la temperatura de 120 °C.

În figura 4.23 este reprezentat un cuptor de uscat bobine, cu radiator electric exterior, cu circulație forțată a aerului și cu încălzirea (uscarea) bobinelor prin convecție. Aerul împins de ventilatorul 1 este încălzit prin trecerea peste rezistențele electrice de încălzire din radiatorul 2 și introdus în camera de uscare — tunel — 3. Menținerea constantă a temperaturii în tunel e asigurată de dispozitive de reglare automatizate, pereții tunelului avînd un strat, 4, de izolație termică, dimensionat corespunzător. La alte construcții de tunele, uscarea se face prin radiație cu lămpi sau radianți cu raze infraroșii, plasați pe suprafața interioară a acestora. Autoclavele pentru uscare în vid sînt aceleași cu cele în care se face impregnarea bobinelor și vor fi prezentate în continuare (vezi figura 4.30). Controlul gradului de uscare și stabilirea duratei operației de uscare se face măsurînd rezistența de izolație a bobinajului ; corelația dintre variația rezistenței de izolație și variația temperaturii se indică în figura 4.24. Invarianța rezistenței de izolație (curba 1), stabilizate, în procesul de uscare, cînd temperatura (curba 2) rămîne constantă, denotă că izolația s-a uscat.

Procedeele de impregnare a bobinelor cu lacuri și rășini electroizolante se clasifică în :

— impregnare la presiunea atmosferică (prin imersiune) ;
— impregnare în vid ;
— impregnare în vid și sub presiune.

Impregnarea prin imersiune (cufundare) a bobinei în baia deschisă cu lac de impregnare nu se folosește decît după operații anterioare de impregnare, la operații de acoperire. Durata

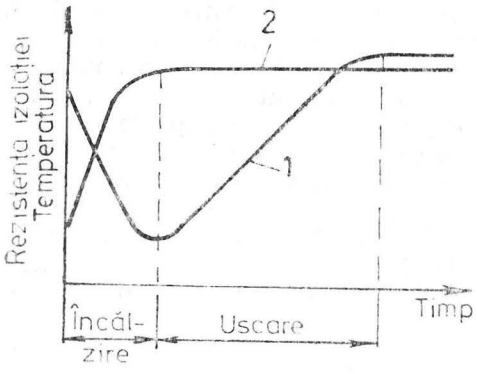


Fig. 4.24. Variația rezistenței de izolație a bobinajelor (1) și a temperaturii de încălzire (2) în timpul operației de uscare.

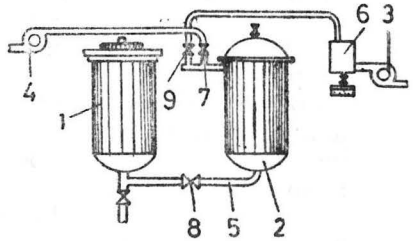


Fig. 4.25. Reprezentarea schematică a unei instalații de impregnare a bobinelor, în vid și sub presiune : 1 — rezervorul cu lac de impregnare ; 2 — autoclavă ; 3 — pompă de vid ; 4 — compresor ; 5 — conductă de transvazare ; 6 — coloană de condensare ; 7, 8, 9 — robinete.

de menținere a bobinajelor în vasul de impregnare este de 10—30 minute, fiind considerată terminată după ce încetează complet degajarea bulelor de aer la suprafața lacului electroizolant.

Impregnarea în vid asigură scoaterea umidității și aerului din ansamblul de impregnat și umplerea completă a golurilor cu compoziția de impregnare. Combinarea procedeului de impregnare în vid cu impregnarea sub presiune micșorează durata ciclului, mărind productivitatea procesului tehnologic de impregnare.

Schema unei instalații de impregnare în vid și sub presiune este prezentată în figura 4.25. Ea cuprinde rezervorul de lac 1 și autoclava 2, ambele prevăzute cu pereți dubli între care circulă agentul de încălzire pentru păstrarea constantă a temperaturii. În autoclava 2, care constituie atît vasul de uscare preliminară, cît și vasul de impregnare a bobinelor se poate face vid (de 600—700 mm Hg) cu ajutorul pompei de vid 3 sau se poate crea o presiune de 4—8 bari de către compresorul 4. Legătura dintre rezervorul de lac și autoclavă se face prin conducta 5. Pentru asigurarea funcționării normale a pompei de vid, coloana de condensare 6 reține vaporii de apă și de solvenți.

Realizarea diferitelor legături se asigură de către robinetele 7, 8, 9. Instalațiile mai sînt prevăzute cu aparate de măsură și control, cu dozatoare, cu vase de amestec, păstrare și preparare a rășinilor sau lacurilor de impregnare folosite. În general, instalațiile au două vase de impregnare, deoarece după terminarea operației propriu-zise de impregnare trebuie să se mențină bobinele în autoclave, din care s-a transvazat lacul sau rășina, un timp de minimum 5 minute pentru scurgerea excesului de lac de pe acestea, și poate fi folosită autoclava pentru uscarea prealabilă a lotului următor de bobine, pe cînd în ce-l de-al doilea vas de impregnare se poate efectua impregnarea unui lot de bobine, deja uscat.

Operațiile procesului tehnologic de impregnare în vid și sub presiune a bobinelor se desfășoară după cum urmează :

— Introducerea bobinelor, așezate în site, în autoclavă și uscarea în vid.

— Răcirea bobinelor, în autoclavă pînă la temperatura de impregnare.

— Introducerea prin aspirație a lacului de impregnare preîncălzit în autoclavă pînă ce acesta a acoperit complet bobinele.

— Impregnarea sub presiune, realizată prin închiderea robinetului de la conducta de vid și deschiderea celui ce face legătura cu conducta de presiune și menținerea sub presiune timp de 15—30 minute.

— Evacuarea lacului de impregnare sub acțiunea unei ușoare suprapresiuni în rezervorul de lac.

— Scurgerea surplusului de lac de pe bobine.

— Uscarea bobinelor impregnate și evaporarea solventului în vid.

— Scoaterea bobinelor din autoclavă.

— Uscarea, polimerizarea materialelor de impregnare, în cuptor.

Procesul de impregnare se repetă, de obicei, de două trei ori. Calitatea impregnării depinde de respectarea strictă a procesului tehnologic, din care motiv instalațiile moderne sînt prevăzute cu sisteme automate de reglare a temperaturii, vidului și presiunii. O atenție deosebită trebuie acordată respectării cu strictețe a rețetei de preparare a lacului de impregnare, precum și a completării amestecului consumat în timpul impregnării. Trebuie respectate de asemenea toate normele de protecția muncii și de igienă industrială, întrucît unele substanțe care intră în compoziția lacurilor de impregnare sînt inflamabile, altele toxice sau cu agresivitate asupra epidermei operatorilor.

4.5. TEHNOLOGIA ÎNGLOBĂRII BOBINELOR ÎN RĂȘINI DE TURNARE

Pentru rigidizarea bobinelor sau pentru a mări rezistența lor față de agresivitatea mediului de funcționare, uneori, în locul impregnării se utilizează înglobarea lor în rășini. Dacă se utilizează ca rășini de turnare cele epoxidice, întărirea ansamblului — polimerizarea — se face obișnuit în cuptoare, la cald ; dacă se utilizează rășini poliesterice, întărirea lor are loc la temperatura ambiantă.

Utilajele pentru turnarea rășinilor epoxidice- cele mai răspîndite, datorită cumulării de către aceeași rășină a unor proprietăți electrice, mecanice, chimice și termice, care nu se întîlnesc împreună, la celelalte materiale electroizolante folosite —, cuprind utilaje pentru topirea rășinii, figura 4.26, utilaje pentru pregătirea materialului de umplutură, figura 4,27, autoclave pentru amestecarea rășinii cu materialul de umplutură, figura 4.28, vase de amestecare a întăritorului cu rășina, figura 4.29, autoclave de turnare, figura 4.30, dozatoare, instalații de încălzire, de menținere constantă a temperaturii, de răcire, de vid etc.

Topirea rășinilor epoxidice solide, înainte de a fi amestecate cu întăritorul și materialul de umplutură se face în vase ca cel din figura 4.26 ; vasul propriu-zis e constituit din spațiul dintre doi cilindri concentrici 1 și 2. Pe cilindrul interior 2 se introduce, glisant, un al treilea cilindru 3, care are dispusă la

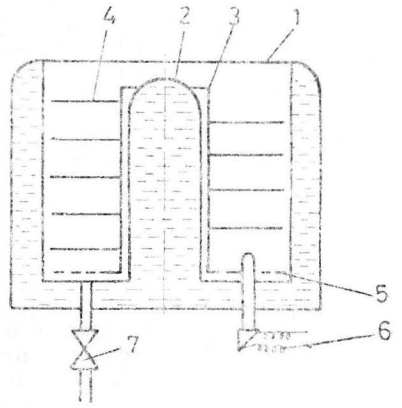


Fig. 4.26. Recipient pentru topirea rășinilor de turnare : 1, 2 — cilindrii concentrici ; 3 — suport metalic cilindric, glisant ; 4 — spidală ; 5 — filtru metalic ; 6 — termorezistență ; 7 — robinet de golire.

exterior o spirală 4, ce ocupă ca lățime întreg spațiul dintre cei doi cilindri. Rolul spiralei este de a împiedica bulgării solizi de rășină introduși la partea superioară să cadă la fund, blocînd filtrul 5, realizat dintr-o sită metalică cu 800—1 000 ochiuri pe centimetru pătrat și care se scoate odată cu cilindrul glisant 3, fiind atașat de acesta. Vasul e prevăzut cu cămașă de încălzire, cu aburi sau ulei mineral, termoelementul 6 indicînd temperatura rășinii topite. Golirea vasului se face prin ventilul 7.

Materialul de umplutură, frecvent utilizat în industria electrotehnică pentru introducere în rășinile epoxidice de turnare este praful de cuarț, care se pregătește (deshidratare, cernere și arderea lui la 800 °C) în cuptoare rotative, ca cel prezentat în figura 4.27. Materialul de umplutură se toarnă în buncărul 1, prevăzut cu coș de captare a prafului, 2. Un transportor elicoidal 3, asigură alimentarea cu debit constant a cuptorului 4. Încălzirea acestuia se face la temperaturi cuprinse între 150—300 °C, pentru amestecarea longitudinală a prafului utilizîndu-se aripioarele 5. La partea inferioară a cuptorului, ce are o înclinație de 3÷5°, este dispusă sita cilindrică 6, precum și camera de captare a prafului.

Amestecarea rășinii epoxidice cu materialul de umplutură se face în autoclave speciale, ca cea prezentată în figura 4.28.

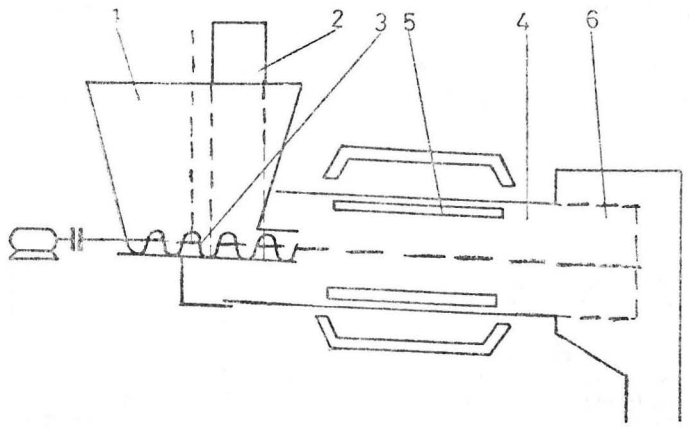


Fig. 4.27. Cuptor rotativ pentru pregătirea materialului de umplere (praf de cuarț) a rășinilor de turnare: 1 — buncăr; 2 — coș de captare a prafului; 3 — transportor elicoidal; 4 — cuptor rotativ; 5 — aripioare de amestec (fixe); 6 — sită cilindrică.

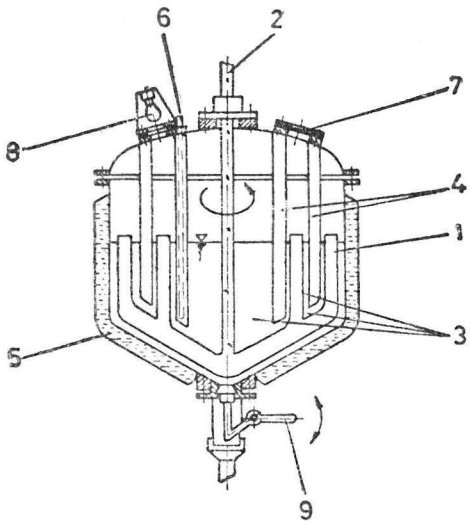


Fig. 4.28. Autoclavă de amestec a rășinii de turnare cu materialul de umplere: 1 — agitator; 2 — ax de antrenare; 3 — rășină de turnare; 4 — șicane; 5 — manta de încălzire; 6 — termorezistență; 7 — vizor; 8 — lampă; 9 — ventil.

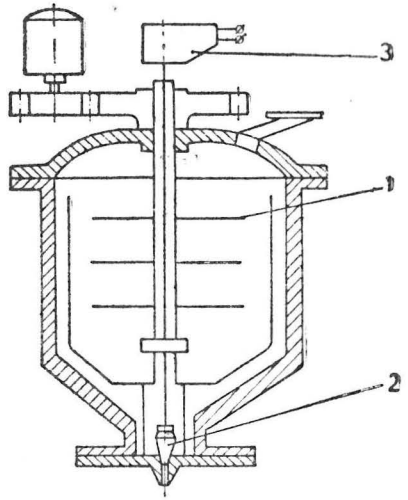


Fig. 4.29. Vase de amestec a rășinii epoxidice de turnare, cu întăritorul: 1 — agitator; 2 — robinet de evacuare; 3 — electromagnet de acționare.

Amestecarea se face cu un agitator 1, antrenat prin intermediul axului central 2, rotit cu cîteva zeci de rotații pe minut. Este recomandat ca spațiile 3 dintre agitator și canele 4 fixate de capac să fie cît mai reduse. Vasul este încălzit de un agent termic 5, care circulă între pereții dubli ai autoclavei, iar controlul automat al temperaturii se poate realiza prin intermediul unui termocuplu 6, care pătrunde în interiorul unei șicane. Pe capac există un vizor 7 și o lampă 8.

Degazarea amestecului se realizează prin racordarea autoclavei la instalația de vid. Evacuarea amestecului se face prin deschiderea ventilului 9, situat la partea inferioară a autoclavei.

Amestecarea întăritorului cu rășina epoxidică de turnare se face în vase, figura 4.29, care sînt asemănătoare constructiv cu autoclavele de amestec ale rășinii cu materialul de umplutură. Amestecarea se face de asemenea cu un agitator 1, ce are o turație de cca 300 ture/minut. Obișnuit, robinetul de evacuare 2 are formă de dop conic, fiind acționat de electromagne-

tul 3. Temperatura în jurul robinetului trebuie menținută la o valoare constantă, pentru a nu se întări amestecul în vecinătatea acestuia. Aceste amestecătoare sînt racordate la instalația de vid, ce asigură o depresiune în jur de 30 mm Hg, precum și la instalația de aer comprimat, pentru mărirea vitezei de evacuare.

Autoclavele pentru înglobarea în rășini de turnare epoxidice a bobinelor sau a altui aparataj electric servesc pentru :

— tratarea termică a matrițelor sau formelor de turnare ;

— uscarea aparatajului ce se înglobează în rășină ;

— turnarea sub vid, de ordinul a 30 mm Hg, și la temperatură constantă. O autoclavă de turnare, prezentată în figura 4.30, este prevăzută cu instalația de încălzire 1, racordul la instalația de vid, 2, dispune de instalația de iluminare 3 și vizorul 4. Jgheabul de turnare, 5, racordat la vasul de amestec al întăritorului cu rășina, 6, poate fi manevrat din exterior, pentru turnarea eventuală în mai multe forme, 7. Pentru absorbția umezelii și uscarea aparatajului înainte de turare, autoclava este prevăzută cu un racord la un vas cu silicagel, 8. Schema unei instalații specializate, în flux continuu de înglobare în răsină a unor produse electrotehnice care cuprinde utilajele descrise anterior este prezentată în figura 4.31. Buncărul pentru praf de cuarț, 1, permite alimentarea cuptorului de preparare, 2, fiind apoi în legătură cu dozatorul gravimetric, 3, pentru materialul de umplutură. În paralel cu acestea se găsește vasul, 4, de topire a rășinii și dozatorul 5. Praful de cuarț și rășina topită

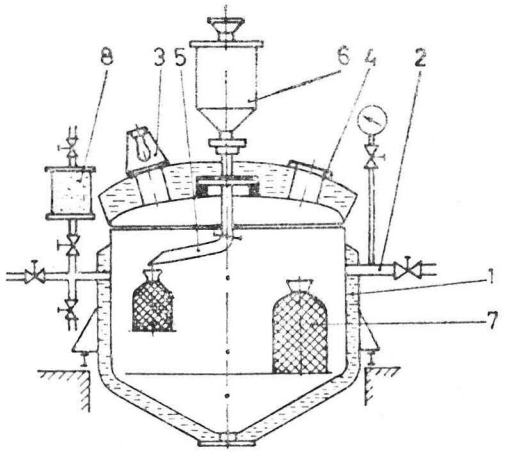


Fig. 4.30. Autoclavă pentru înglobarea în rășini de turnare a bobinelor sau a altui echipament electric : 1 — mantaua de încălzire; 2 — racordul la instalația de vid; 3 — lampă; 4 — vizor; 5 — jgheabul de turnare; 6 — autoclava de amestec (vezi fig. 4.28); 7 — forma de turnare; 8 — instalație de deshidratare.

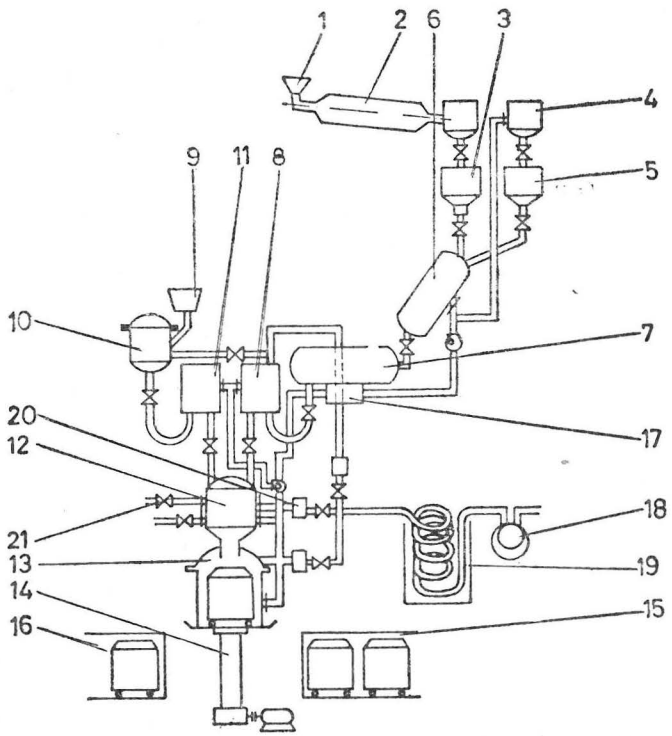


Fig. 4.31. Schema unei instalații de înglobare în rășină, în flux continuu, a unor ansambluri electrotehnice : 1 — buncăr pentru material de umplutură (vezi 1, fig. 4.27) ; 2 — cuptor rotativ (vezi fig. 4.27) ; 3 — dozator gravimetric ; 4 — vas de topire a rășinii epoxidice (vezi fig. 4.26) ; 5 — dozator ; 6 — vas de amestec (vezi fig. 4.28) ; 7 — autoclavă de degazare ; 8 — dozator volumic ; 9 — buncăr pentru întăritor ; 10 — vas pentru topirea întăritorului ; 11 — dozator volumic ; 12 — autoclava de amestec (vezi fig. 4.29) ; 13 — clopot de vid ; 14 — dispozitiv de ridicare ; 15 — cuptor de tratare termică ; 16 — cuptor de pregătire ; 17 — instalație centrală de încălzire ; 18 — pompă de vid ; 19 — condensor ; 20 — filtru ; 21 — sistem de răcire.

se amestecă în vasul de amestecare, 6, urmînd apoi vasul de degazare 7 și dozatorul volumic 8. Tot în paralel cu elementele prezentate se află buncărul 9 pentru întăritor, vasul 10 pentru topirea lui și dozatorul volumic 11. Amestecul final se realizează în autoclava 12.

Turnarea rășinii epoxidice se face sub clopotul de vid 13, cu fund detașabil. Un dispozitiv de ridicare 14 ridică platforma pe care s-au plasat formele de turnare, de la nivelul cuptoarelor la cel al clopotului de vid. După turnarea rășinii epoxidice, platforma ce formează fundul clopotului de turnare, se coboară, iar forma umplută cu rășină este trecută în cuptorul tunel 15 pentru tratarea termică. O formă nouă, preîncălzită în cuptorul tunel 16, de pregătire a formelor de turnare, îi ia locul și procesul reîncepe.

Încălzirea diferitelor vase se face de la o instalație centrală, 17. Există de asemenea o istalație centrală pentru vacuum dispunînd de o pompă de vid 18, condensor de apă 19, filtre 20 etc. Menținerea temperaturii în autoclava de turnare 12 se realizează cu un sistem de răcire cu apă 21, în circuit închis.

Instalația dispune de un sistem electric de măsură, control și reglare care îi asigură buna funcționare, urmărind riguros timpul de prelucrabilitate al amestecului, socotit din momentul introducerii întăritorului în șarjă. Și în cazul înglobării bobinelor în rășini de turnare trebuie respectate normele de protecția muncii și de igienă industrială specifice. În plus, în caz că a mai rămas o cantitate de amestec neîntrebuințată, aceasta trebuie evacuată imediat din instalație, deoarece, în caz contrar, prin polimerizarea restului din șarjă, se va produce blocarea autoclavei de amestec și turnare.

Procesul tehnologic de înglobare a bobinelor în rășini epoxidice de turnare cuprinde următoarele operații :

— Uscarea în vid, în autoclavă, a bobinelor de înglobat.

— Preîncălzirea formelor de turnare (care durează mult dacă formele sînt din rășină epoxidică din cauza conductibilității termice reduse a materialului).

— Prepararea șarjei de turnare, ce cuprinde topirea rășinii, deshidratarea și măcinarea materialului de umplutură, amestecul și degazarea amestecului, introducerea întăritorului topit în mixtura obținută anterior și amestecarea la temperatură constantă, pînă la omogenizare completă.

— Turnarea sub vid în formele de turnare în care s-au introdus bobinele de înglobat.

— Tratamentul termic în cuptor, care cuprinde, de exemplu, încălzirea ansamblului timp de 3 ore la 110 °C, urmat apoi de desfacerea formelor și încălzirea doar a produselor înglobate la o temperatură ceva mai mare (120 °C) și un timp mai îndelungat (cca 10 h), după care urmează răcirea lentă a acestora din urmă, pînă la temperatura de 40 °C.

Ca operații auxiliare se semnalează cele legate de pregătirea formelor : degresarea sau decaparea suprafețelor, urmate de aplicarea demulanților (lacuri și vaseline siliconice, unele rășini vinilice și acrilice etc.) prin pulverizare sau pensulare.

Variante ale procesului tehnologic descris mai sus pot apare în funcție de specificul instalației utilizate, și de caracteristicile funcțional-constructive ale produsului de înglobat.

5. REZISTENȚE ELECTRICE DE PUTERE

5.1. DOMENII DE UTILIZARE ȘI FORME CONSTRUCTIVE

Rezistențele electrice sub formă de rezistoare (elemente cu rezistență nereglabilă) și reostate (elemente cu rezistență reglabilă) sînt destinate pentru limitarea sau reglajul curentului, sau tensiunii în circuitele electrice, ca și pentru pornirea și reglajul turației motoarelor electrice în cadrul unor instalații tehnologice.

În raport cu destinația și funcțiile ce le îndeplinesc, rezistențele electrice se realizează pentru curenți mici sau mari, de aceea și dimensiunile și formele constructive sînt foarte variate. Varietatea foarte mare de tipuri de rezistențe electrice, după caracteristicile constructive și tehnologice, se pot clasifica în următoarele :

a) Elemente de rezistor sub formă de fire sau benzi, ce se pot realiza fără carcasă (figura 5.1), sau montate pe carcase de porțelan (figura 5.2). Elementele de rezistor din figura 5.1 cedează căldura mediului ambiant pe toată lungimea firului sau benzii ce vine în contact cu mediul ambiant (aer, ulei etc.), fiind ecranate numai în zonele de fixare. Pentru dimensionarea acestora se pleacă de la bilanțul termic

$$P = I^2R = \alpha_\Sigma \tau_S S_l, \qquad (5.1)$$

unde :

P — puterea care se disipă ;
I — intensitatea curentului ;

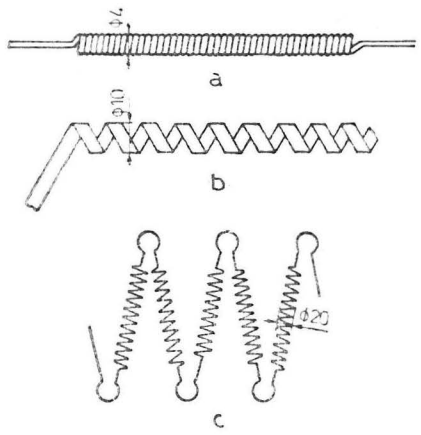


Fig. 5.1. Elemente de rezistor sub formă de fire sau benzi, fără carcasă : a — element sub formă de fir spiralat ; b — element sub formă de bandă spiralată ; c — porțiune de rezistență compusă din elemente spirale.

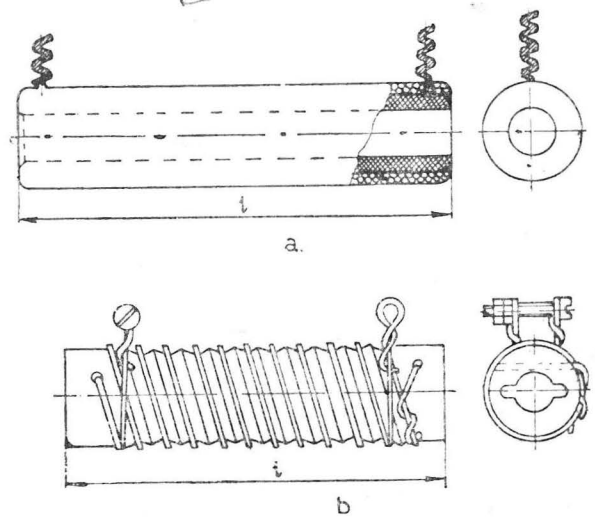


Fig. 5.2. Elemente de rezistor cu carcasă de porțelan : a — fără canale ; b — cu canale.

R — rezistența electrică ;
α_Σ — transmisivitatea termică rezultantă ;
τ_S — supratemperatura staționară ;
S_l — suprafața laterală de cedare a căldurii.

Rezistența electrică este dată de relația

$$R=\rho_\theta \frac{l}{S_t}, \qquad (5.2)$$

în care :

ρ_θ este rezistivitatea la temperatura θ ;

S_t — secțiunea transversală a conductorului ;

l — lungimea conductorului.

În cazul unui fir rotund de diametru d, pentru o densitate de curent admisibilă $j=j_{adm}$, din relațiile (5.1) și (5.2) rezultă :

$$d=\frac{4\alpha_\Sigma \tau_S}{\rho_\theta j_{adm}^2}. \qquad (5.3)$$

În cazul benzilor de dimensiuni $b\times h$, relația (5.1) permite să se afle o dimensiune, dacă se adoptă cealaltă.

În cazul elementelor de rezistor fără carcasă se recomandă folosirea sîrmelor și benzilor tari (nerecoapte), pentru ca spiralele sau elementele în formă de zig-zag să posede o elasticitate și rigiditate corespunzătoare și să nu se deformeze în procesul de confecționare, transportare sau asamblare. Diametrul și pasul spiralei se alege în funcție de diametrul sîrmei și grosimea benzii.

La elementele de rezistor cu carcasă rigidă (figura 5.2), suprafața de răcire se consideră suprafața laterală a cilindrului. Pentru dimensionarea termică a rezistorului se pleacă tot de la relația (5.1), cu considerarea valorii corespunzătoare a suprafeței de cedare a căldurii S_r. Carcasa asigură o bună rigiditate mecanică construcției, sporește capacitatea calorică a întregului element și are o constantă de timp termică mai mare. Pentru elementele de rezistor cu carcasă rigidă se recomandă folosirea sîrmelor și benzilor moi (recoapte), pentru a micșora presiunea pe izolatorii fragili de porțelan. Alegerea diametrului sîrmei și a grosimii benzii se face în funcție de formele constructive ale carcasei.

b) Elemente de rezistor din fontă turnată (figura 5.3), se obțin prin turnare din fontă silicioasă și au o formă sinuoasă, pentru a mări rezistența electrică a elementului pe o lungime axială redusă. Se folosesc ca reostate de pornire și reglaj a turației motoarelor electrice, realizîndu-se cu răcire în aer sau

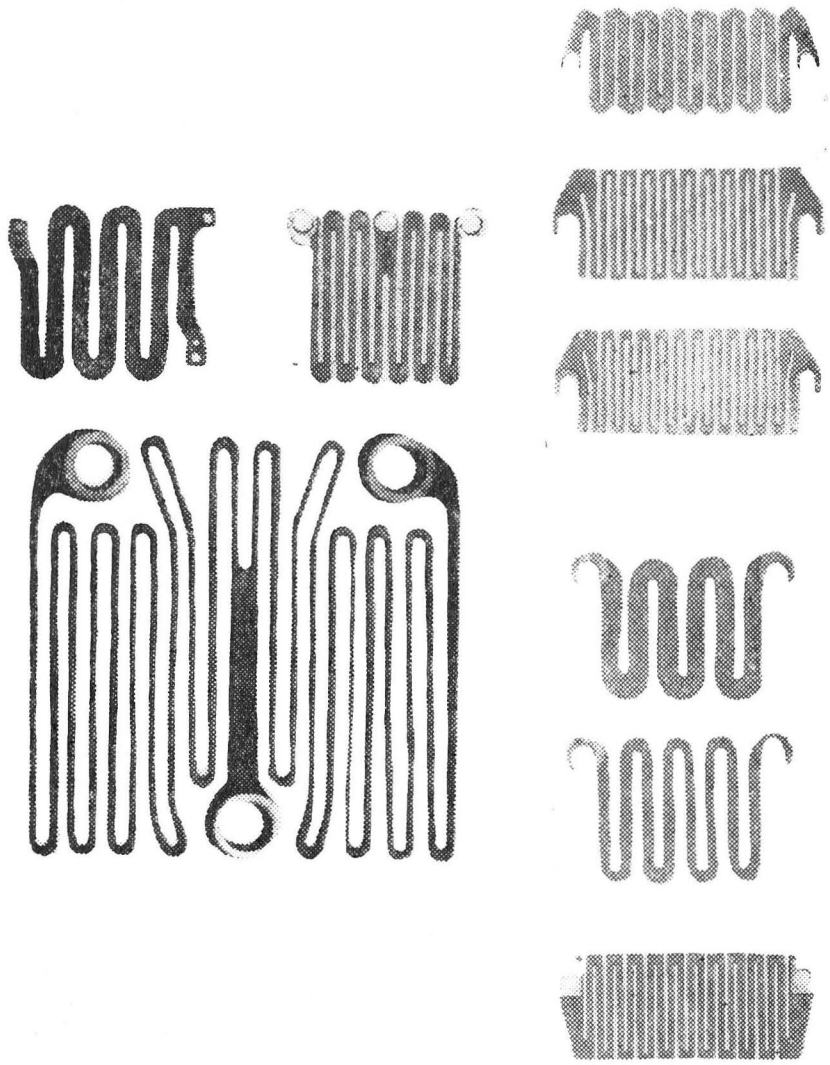


Fig. 5.3. Elemente de rezistor din fontă turnată.

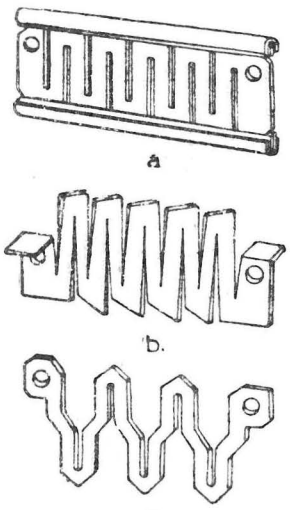


Fig. 5.4. Elemente de rezistor ştanţate.
a — din tablă subţire de oţel, consolidat cu rame izolante ; b — cu porţiuni în zig-zag, torsionate ; c — din tablă de oţel groasă.

ulei. Pentru densităţile de curent admisibile $j_{adm}=1{,}2—1{,}8$ A/mm^2, dacă este cunoscută rezistenţa necesară se poate uşor determina numărul de elemente necesare. Dezavantajul acestor elemente constă în faptul că sînt casante, grele şi că fabricarea lor se face prin turnare. Datorită rezistenţei mecanice relativ mici a fontei, nu este raţional să se confecţioneze elemente cu secţiuni mici (sub 10 mm^2), deoarece se rup în procesul de fabricaţie, la transport sau în exploatare.

c) Elemente de rezistor obţinute prin ştanţare, din oţel electrotehnic, ştanţate după un anumit profil (figura 5.4) necesar obţinerii unei rigidităţi mecanice corespunzătoare. Faţă de elementele din fontă, acestea au o rezistenţă mecanică mai mare, o greutate mai redusă şi o tehnologie de fabricaţie mai simplă. La elementele de rezistor ştanţate, mai ales cele din oţel cu conţinut ridicat de siliciu, distanţa dintre diferitele părţi ale zig-zagurilor trebuie să se aleagă ţinîndu-se seama de rezistenţa mecanică a poansoanelor matriţei de îndoire.

5.2. MATERIALE UTILIZATE LA FABRICAREA REZISTENŢELOR ELECTRICE

La alegerea materialelor pentru realizarea rezistenţelor electrice trebuie avute în vedere atît proprietăţile electrice, cît şi cele mecanice, precum şi modificarea acestora sub acţiunea încălzirii. De aceea, pentru alegerea materialelor trebuie avute în vedere următoarele aspecte :

a) Regimul de funcţionare al rezistenţei.

b) Modificarea rezistivităţii cu temperatura şi valoarea temperaturii limită.

c) Stabilitatea la coroziune.

d) Preţul şi modul de procurare al materialului.

Referitor la regimul de funcţionare, trebuie avut în vedere dacă rezistenţa funcţionează într-un regim de durată, de scurtă durată sau intermitent.

În diferitele domenii de utilizare, valoarea rezistenţei trebuie să fie independentă de temperatură, adică trebuie alese materiale cu coeficienţi de temperatură foarte mici. Afară de aceasta, materialul nu trebuie supraîncărcat pentru a nu se depăşi temperatura limită, ceea ce ar conduce la scăderea proprietăţilor mecanice.

Alegerea materialului depinde şi de locul de utilizare. Astfel, în industria chimică, în medii agresive, alcaline sau umede se folosesc alte materiale decît cele utilizate în mediile normale.

Materialele utilizate pentru rezistenţe sînt metalele, aliajele lor, cărbunele şi anumite metale lichide. În aparatajul de joasă tensiune se foloseşte mai ales oţelul, fierul aliat cu siliciu, aliaje de cupru-nichel, cu sau fără mangan şi zinc. În diferite domenii de utilizare s-au impus deja diferite materiale, fiind folosite cu preponderenţă fierul şi constantanul. Proprietăţile cele mai importante ale aliajelor utilizate la construcţia rezistenţelor electrice sînt : rezistivitate cuprinsă între 0,2 pînă la 1,5 10^{-6} Ωm, coeficienţi de temperatură scăzuţi, temperaturi de regim ridicate. Principalele elemente componente ale aliajelor utilizate sînt : cromul, nichelul, fierul, manganul, siliciul, cuprul, zincul, aluminiul şi cobaltul. În tabelul 5.1 sînt prezentate principalele proprietăţi ale aliajelor cel mai des folosite la construirea rezistenţelor electrice, utilizate în echipamentele de joasă tensiune.

Fierul nealiat se foloseşte în exclusivitate sub formă de sîrmă. Pentru a micşora pericolul de coroziune este supus zincării. Rezistivitatea $\rho=0{,}13\cdot10^{-6}$ Ωm este foarte mică şi coeficientul de variaţie al rezistenţei cu temperatura $\alpha=0{,}0046$ 1/°C, este foarte mare (tabelul 5.1). Datorită acestor factori, rezistenţele din sîrmă de fier se folosesc numai în domenii de aplicaţii restrînse. Un astfel de exemplu îl constituie rezistenţele folosite la pornirea motoarelor electrice, unde procesul are loc în maxim 20 s şi dezavantajele prezentate nu se manifestă într-un timp atît de scurt.

Fierul aliat cu siliciu are proprietăţi mai bune anticorosive, cu atît mai mult cu cît conţinutul de siliciu este mai mare. Rezistivitatea electrică şi coeficientul de variaţie al rezistenţei cu temperatura sînt influenţate în sens pozitiv. Din acest ma-

Tabelul 5.1

Caracteristicile materialelor utilizate la fabricarea rezistențelor electrice

Materialul	Părțile componente ale aliajelor									Rezistivitatea ρ $\Omega m \cdot 10^{-6}$	Coeficient de temperatura α 1/°C	Coeficient de dilatare liniară α_d 1/°C	Căldura specifică c cal/gr °C	Temperatura limită θ_l °C	Temperatura de topire θ_t °C
	Fe %	Ni %	Cu %	Cr %	Zn %	Al %	Mn %	Si %	Co %						
Fier	100	—	—	—	—	—	—	—	—	0,13	0,0046	0,000012	0,11	400	1 200
Fier aliat	97	—	—	—	—	—	0,3	2	—	0,35	0,0015	—	—	—	—
Nichelină	—	22	58	—	20	—	—	—	—	0,36	0,0003	0,000017	—	—	—
Manganină	—	2	86	—	—	—	12	—	—	0,43	0,00003	—	—	300	960
Nichelină	—	26	54	—	20	—	—	—	—	0,43	0,0002	0,000016	0,095	300	1 145
Constantan	—	45	54	—	—	—	1	—	—	0,5	0,00002	0,0000155	0,098	400	1 275
Fontă turnată	100	—	—	—	—	—	—	—	—	0,8	0,001	—	—	—	—
Cromnichel	20	63	—	15	—	—	2	—	—	1,12	0,00025	0,000014	0,11	1 050	1 390
Cromnichel fără fier	—	78	—	20	—	—	2	—	—	1,1	0,00025	0,000014	0,11	1 100	1 395
Kanthal	72	—	—	20	—	5	—	—	3	1,45	0,0006	0,000022	0,12	1 300	1 500

terial se realizează rezistențe în formă de pachete de tole, utilizate atît în regimul de scurtă durată (pornirea motoarelor), cît și în regim intermitent.

Fonta turnată a găsit o largă utilizare în construcția de rezistențe electrice. Ea poate fi aliată cu siliciu și carbon, avînd rezistivitatea $\rho = 0{,}8 \cdot 10^{-6}$ Ωm și coeficientul de variație al rezistenței cu temperatura $\alpha = 0{,}001$ 1/°C. Domeniul de utilizare este același cu cel prezentat la tipurile anterioare.

Nichelina este un aliaj de cupru-nichel, cu un procent ridicat de zinc. Rezistivitatea e cuprinsă între (0,36—0,43) 10^{-6} Ωm, iar coeficienții de variație a rezistenței cu temperatura sînt cuprinși între 0,0003—0,0002 1/°C, avînd încă o valoare relativ mare, astfel încît se poate utiliza în aplicațiile unde variația rezistenței cu temperatura nu are un rol deosebit. Deoarece temperatura limită este de 300 °C, rezistențele din nichelină se folosesc ca rezistențe de pornire și mai rar ca rezistențe de reglare și rezistențe de sarcină parcurse de curenții nominali. Se recomandă ca sîrmele de nichelină să nu aibe diametrul mai mic de 1,6 mm, datorită valorilor relativ ridicate ale căldurii specifice.

Manganina, un aliaj de cupru, nichel și mangan, are proprietăți superioare atît în privința rezistivității, cît și a valorii coeficienților de variație a rezistenței cu temperatura, avînd însă aceeași temperatură limită. Domeniul de utilizare este același cu cel prezentat la cazul anterior, al rezistențelor de nichelină.

Constantanul, aliaj de cupru-nichel, cu procent redus de mangan, este materialul cel mai folosit în construcția rezistențelor electrice din aparatajul electric de joasă tensiune. Rezistivitatea $\rho = 0{,}5$ 10^{-6} Ωm este suficientă pentru majoritatea regimurilor de funcționare, iar valoarea foarte mică a lui $\alpha = 0{,}00002$ 1/°C ne determină o rezistență practic invariabilă cu temperatura. Capacitatea calorică și temperatura limită au valori acceptabile. Sîrmele din constantan pot fi realizate cu diametre foarte mici, chiar sub 0,1 mm. Utilizarea acestui material este indicată la construcția rezistențelor de reglare și comandă de toate tipurile.

Cromnichelul este un aliaj de nichel, crom și mangan, cu sau fără fier. Avînd rezistivitate mare, dar coeficienți de variație a rezistenței cu temperatura considerabili mai mari ca la constantan, este recomandat ca material pentru rezistențele de încălzire. Se poate realiza din sîrme cu diametru de 0,1 mm și chiar mai mici. Cromnichelul aliat cu fier, se utilizează în

construcția rezistențelor de reglare, acolo unde variația rezistenței cu temperatura nu are o importanță deosebită.

Kanthalul este un aliaj recomandat în special ca rezistență de încălzire, avînd o temperatură limită foarte mare, 1 300 °C, și o rezistivitate ridicată, $\rho = 1{,}45\ 10^{-6}\ \Omega m$. Acest material este un aliaj de crom cu fier, cu adaosuri de aluminiu și cobalt.

Dilatarea materialelor poate conduce la o slăbire a strîngerii înfășurării pe carcasa de porțelan, de aceea se recomandă materiale cu coeficienți de dilatare mici. În general, dilatarea nu este atît de importantă ca să influențeze alegerea materialului.

5.3. TEHNOLOGIA FABRICĂRII ELEMENTELOR DE REZISTOR SUB FORMĂ DE FIRE SAU BENZI

Constrcutiv, aceste elemente se realizează fără carcasă sau cu carcasă, așa cum s-a indicat în figurile 5.1 și 5.2.

Procesul tehnologic de confecționare a elementelor de rezistor fără carcasă din sîrmă și benzi, cu forma cilindrică a spiralei (figura 5.1) se compune din două operații : înfășurarea spiralei și confecționarea elementelor din spirale. Înfășurarea spiralei se realizează pe dispozitive cu mișcare de antrenare, de rotație, în jurul unui mosor sau suport. Pentru ca să se formeze spirele spiralei pe suport, trebuie ca în prealabil să se realizeze întinderea sîrmei sau benzii cu ajutorul unor instalații folosite la mașinile de bobinat (vezi 4.3.2). Spirele se înfășoară strîns una de cealaltă, pentru ca la așezarea în rezistor, să fie posibilă întinderea lor, pentru a asigura rigiditatea necesară construcției. În cazul producției de serie, în procesul de înfășurare trebuie să se efectueze măsurarea rezistenței părții înfășurate a spiralei și tăierea în porțiuni de lungimi corespunzătoare. Trebuie avut în vedere faptul că la confecționarea elementelor din spirale, diferitele spirale, chiar de lungimi egale, pot avea rezistențe electrice diferite. Se impune deci măsurarea rezistențelor diferitelor elemente, cu atît mai mult cu cît, conform schemelor folosite, sînt legate în paralel și determină astfel o încărcare inegală a elementelor de rezistor dacă rezistența electrică nu este egală. Îndreptarea spirelor spirale-

lor, pentru a putea realiza porțiuni intermediare de fixare pe izolatori sau rame, se execută manual sau pe dispozitive.

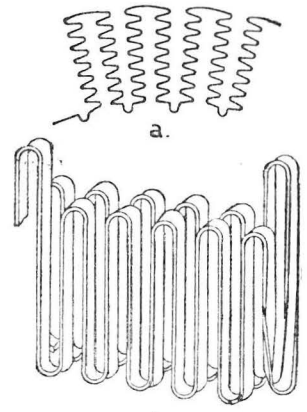


Fig. 5.5. Elemente în formă de zig-zag : a — din sîrmă ; b — din bandă.

Elementele de rezistor din sîrme și benzi se pot realiza și în formă de zig-zag, așa cum se indică în figura 5.5. Procesul tehnologic de confecționare al acestor rezistențe fără carcasă se compune din două operații : îndoirea părții în zig-zag a rezistorului și formarea elementelor pentru asamblarea rezistorului. Îndoirea părții în zig-zag a rezistoarelor din sîrmă sau bandă se realizează cu ajutorul unui mecanism oscilator (figura 5.6), montat pe mașini unelte de construcții diferite. Banda 1 din material de mare rezistivitate se îndoaie cu ajutorul mecanismului oscilant 2. Îndoirea benzii și formarea propriu-zisă a părții rezistorului în formă de zig-zag are loc în jurul unor plăci 3, fixate pe o bandă rulantă, ce se deplasează cu ajutorul unor tamburi rotativi. Banda rulantă realizează concomitent deplasarea semifabricatului 4 sub formă de zig-zag și avansul benzii 1. Operația de formare a elementelor, în funcție de tipul de rezistor, se realizează în procesul de asamblare, asigurîndu-se concomitent fixarea și rigidizarea elementelor de carcasă.

Elementele de rezistor din sîrmă sau benzi pot fi înfășurate pe carcase rigide fără sau cu canale (figura 5.2). Carcasele de porțelan preiau rapid o parte din căldura dezvoltată de rezistor. De aceea, aceste elemente sînt recomandate pentru sarcini mai mari. Dacă sîrma sau banda de rezistor este neizolată, trebuie luate măsuri să nu se producă atingeri între spire, indicîndu-se în acest caz utilizarea unor cilindri canelați elicoidal. La folosirea unor cilindrii de porțelan fără canale se utililează sîrmă izolată cu lac. În acest caz proprietățile de răcire ale rezistorului sînt mai bune, acest tip de carcasă impunîndu-se în ultimul timp. Operațiile procesului tehnologic de realizare a acestor tipuri de rezistoare sînt următoarele : înfășurarea sîrmei sau a benzii, fixarea capetelor de spiră de carcasă, fixarea clemelor de contact pe capetele rezistenței înfășurate și acoperirea cu email a carcaselor de porțelan bobinate. Înfășurarea sîrmei sau a benzii se poate realiza în mai multe moduri. Astfel, la

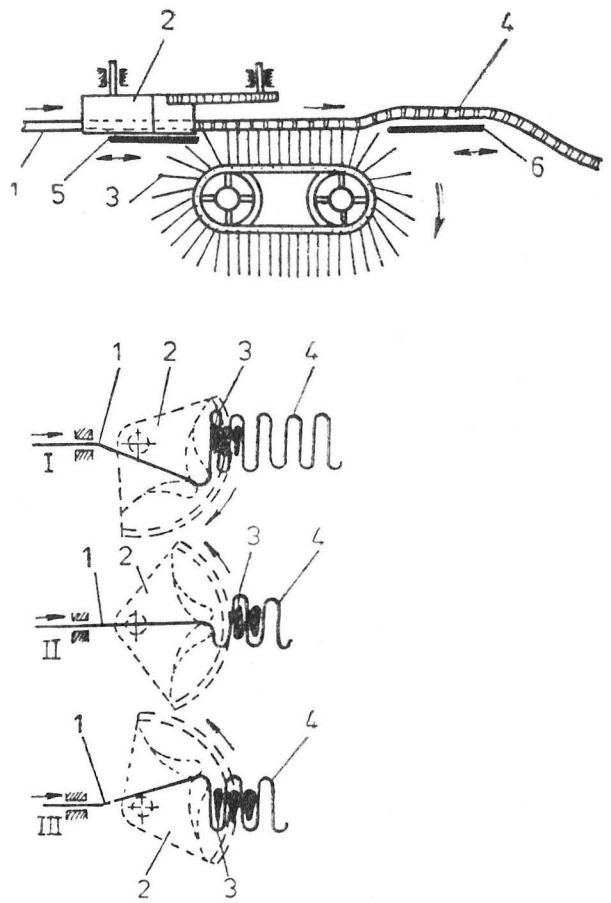


Fig. 5.6. Schema cinematică a mașinii pentru îndoirea din bandă a rezistențelor în formă de zig-zag: 1 — bandă de rezistor; 2 — mecanism cu mișcare oscilantă; 3 — plăci; 4 — banda îndoită în formă de zig-zag; 5, 6 — plăci de introducere (scoatere) a semiochiurilor din bandă.

producția de serie mică se utilizează dispozitive cu învîrtirea manuală, iar la producția de serie mare se utilizează mașini de bobinat cilindric, obișnuite sau speciale. Utilizarea acestora din urmă este mai ales necesară pentru elementele rezistențelor cilindrice cu multe spire din sîrmă de diametru mic, precum și

pentru elemente din sîrmă de diametru mare, peste 4,5 mm. Fixarea capetelor de spire se poate face în orificiile așezate la capetele carcaselor, prin răsucirea sîrmei din canalele finale ale carcasei ca să formeze niște ochiuri, sau prin fixarea capetelor benzii prin legarea cu un alt material filiform. Fixarea clemelor de contact la capetele de ieșire din rezistor se poate realiza prin lipire, cu aliaj tare de lipit, a unui cablu flexibil răsucit, care se leagă la borna de racordare a rezistorului. Această metodă se întrebuințează la elementele de rezistor realizate din cilindrii fără canale superficiale (figura 5.2, a), pe care se plasează de obicei sîrmă de rezistor subțire. La elementele de rezistor din figura 5.2, b se indică o altă posibilitate de așezare și fixare a elementelor de contact, cu ajutorul unui colier dintr-un material cu rezistență ohmică mică, care permite și o ușoară modificare a valorii rezistenței, prin mutarea colierelor de contact în lungul rezistorului. Alte metode de realizare a legăturilor terminale ale rezistoarelor utilizate pot fi: formarea ochiurilor de contact terminale și intermediare din materialul care se înfășoară, în timpul procesului de înfășurare, pe o intstalație specializată, sau fixarea unor papuci de contact ștanțați, în cazul rezistoarelor cu sîrmă de diametru mai mare sau sub formă de bandă lată. Elementele de rezistor bobinate, după fixarea capetelor și a clemelor de contact, se acoperă cu email vitros, pentru a împiedica spirele de a se deplasa, pentru a proteja rezistorul de deteriorări mecanice sau scurtcircuite între spire. Emailul, aderînd bine atît pe suprafața metalelor, cît și a izolatoarelor ceramice formează un strat termostabil și rezistent din punct de vedere mecanic.

5.4. TEHNOLOGIA FABRICĂRII ELEMENTELOR DE REZISTOR TURNATE ȘI ȘTANȚATE

Elementele de rezistor din fontă turnată (figura 5.3) sînt recomandabile în special la funcționarea în regim de șocuri de curent, caracteristic la pornirea motoarelor electrice. Ele pot prelua sarcini mari, un timp scurt, dar se răcesc încet. Deoarece coeficientul de variație al rezistenței cu temperatura este mare, rezistoarele din fontă turnată se folosesc numai acolo unde

creşterea rezistenţei datorită încălzirii nu prezintă o importanţă deosebită.

Procesul tehnologic de confecţionare al elementelor din fontă constă din turnarea şi prelucrarea locurilor de prindere, care formează suprafeţele de contact şi în acelaşi timp servesc pentru fixarea elementelor în aparat. Turnarea acestor elemente ridică o serie de probleme legate atît de costul ridicat, cît şi de faptul că rezistenţa electrică a fiecărui element trebuie să fie menţinută în limitele prescrise. Acest din urmă factor este determinat în primul rînd de compoziţia aliajului, cît şi de dimensiunile geometrice ale părţii conductoare de curent. Orice abateri determinate de modificarea compoziţiei la diverse şarje sau o formare necorespunzătoare care produce schimbarea, sau deformarea formei conduc la rebuturi. Pentru a se obţine o bună umplere a formelor şi o rezistenţă mecanică mărită, turnarea se face cu aliaj supraîncălzit, la temperaturi cuprinse între 1 450°—1 460 °C, imediat după topirea acestuia. În unele cazuri, pentru micşorarea procentului de rebuturi, după topirea fontei în cubilou, ea se încălzeşte în cuptorul electric şi apoi se toarnă în forme. După turnare, se procedează la o sablare a elementelor de rezistor, pentru a se asigura curăţirea de nisipul rămas de la formare, dacă turnarea s-a făcut în forme temporare. Urmează apoi operaţia de şlefuire a suprafeţelor de contact, ce se poate face pe maşini de şlefuit plane, obişnuite. Deoarece în acest caz şlefuirea celor două suprafeţe s-ar face pe rînd, pentru mărirea productivităţii se preferă utilizarea unor maşini speciale, care să efectueze concomitent operaţia de şlefuire pe ambele părţi. Important este, ca în cursul operaţiei tehnologice de şlefuire să se asigure paralelismul suprafeţelor porţiunii de contact a elementului, pentru a nu se ajunge la o solicitare nedorită a prezoanelor de strîngere a elementelor de rezistor. Pentru a proteja elementele din fontă de coroziune, ele sînt supuse uneori zincării. Această protecţie are însă efecte numai pînă la punerea rezistenţei în funcţiune, deoarece la încălziri peste 319 °C zincul se transformă în oxid, ce nu mai prezintă proprietăţi suficiente de protecţie. Or, în funcţionarea obişnuită, în regimul de pornire al motoarelor electrice, temperatura elementelor de rezistor depăşeşte în general valoarea amintită. De aceea zincarea nu este o operaţie absolut necesară, aplicîndu-se numai atunci cînd conservarea rezistorului se face un timp mai îndelungat.

Elementele de rezistor ştanţate, de forme foarte variate, dintre care unele au fost prezentate în figura 5.4, se obţin în general printr-un proces tehnologic relativ simplu şi mai ieftin decît cel al elementelor de rezistor turnate. Principalele operaţii ale procesului tehnologic de fabricare a tipurilor de elemente de rezistor ştanţate sînt enumerate în continuare. La început se execută tăierea tablei în benzi şi apoi tăierea conturului prin ştanţare. Urmează operaţia de decupare a fîşiilor de tablă, care determină realizarea unui parcurs sinuos al curentului prin rezistor. Pentru mărirea rigidităţii mecanice a elementului de rezistor ştanţat, aceasta se nervurează, aşa după cum se vede în figura 5.4, printr-o presare, de exemplu, cu o presă cu excentric cu simplu efect, cu forţa de apăsare funcţie de grosimea tablei şi de adîncimea şi numărul nervurilor practicate simultan. În funcţie de tipul constructiv al elementelor de rezistor ştanţate, pot fi necesare operaţii de decupare capete, de îndoire urechi, de înseriere sau de tăiere margini. Oricare ar fi forma constructivă, trebuie însă să urmeze o operaţie de debavurare, realizată obişnuit prin polizare. Pentru protejarea suprafeţelor se supun elementele de rezistor ştanţate unor operaţii de vopsire electroforetică şi/sau electrostatică, după ce în prealabil au fost degresate, fosfatate, cromatate, cu grunduri şi cu emailuri siliconice. Între operaţiile de realizare a protecţiei anticorosive se vor prevedea spălări şi uscări succesive.

5.5. ASAMBLAREA ELEMENTELOR DE REZISTOR

Constructiv, un ansamblu de elemente de rezistor, conectate conform unei scheme electrice, şi consolidate prin rame sau carcase, constitue un rezistor (figura 5.7). Carcasele asigură protecţia împotriva atingerilor, loviturilor mecanice, umidităţii atmosferice sau coroziunii, în funcţie de gradul de protecţie adoptat. Cum elementele de rezistor cedează o cantitate apreciabilă de căldură, prin construcţie trebuie să se asigure evacuarea corespunzătoare a căldurii. De asemenea se va urmări să nu fie montate în apropierea bobinelor, condensatoarelor sau a conductoarelor izolate. Rezistoarele astfel asamblate sînt folosite la pornirea, reglarea turaţiei şi frînarea motoarelor electrice, la limitarea supratensiunilor care apar la întreruperea circuitelor şi în alte aplicaţii. Rezistoarele neconţinînd dispozitive de comutaţie, cînd sînt introduse în schemele electrice ca aparate

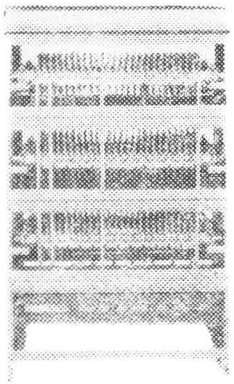


Fig. 5.7. Forma constructivă a unui rezistor.

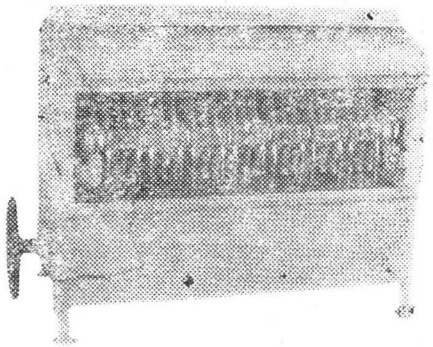


Fig. 5.8. Forma constructivă a unui reostat asamblat.

de comandă, funcția lor va fi combinată cu dispozitive de conectare și deconectare.

Reostatele sînt rezistoare cu rezistență reglabilă pe cale manuală sau automată. Constructiv, se compun dintr-un dispozitiv de comutație, care permite variația discontinuă (în trepte) sau continuă a rezistenței (figura 5.8). În funcție de destinație, reostatele folosite în schemele motoarelor electrice se clasifică în : reostate de pornire, de pornire și reglaj, de reglare, de excitație sau de sarcină. Aceste reostate pot fi răcite în mod obișnuit în aer sau în ulei mineral.

Reostatele metalice cu variația în trepte a rezistenței se compun dintr-un ansamblu de elemente de rezistor de un anumit tip și un dispozitiv de comutație cu ploturi fixe pe care glisează peria (figura 5.9). Comutatoarele utilizate la aceste tipuri de reostate pot fi plane (figura 5.9, a), cilindrice (figura 5.9, b) sau în tobă (figura 5.9, c). Comutatoarele plane formate din elementul de rezistor 1, ploturile de contact fix 2, perie de contact mobilă 3, inelul de contact continuu 4 și bornele reostatului 5, se utilizează pentru reostatele de pornire de mică putere, pentru reostate de reglare și regulatoare de excitație. La comutatoarele cilindrice, peria 6 glisează pe suprafața cilindrică 7 a ploturilor fixe, prin acționarea axului 8 care comandă mișcarea periilor. Aceste comutatoare fiind scumpe și avînd capacitatea de comutație redusă se utilizează numai în cazuri speciale.

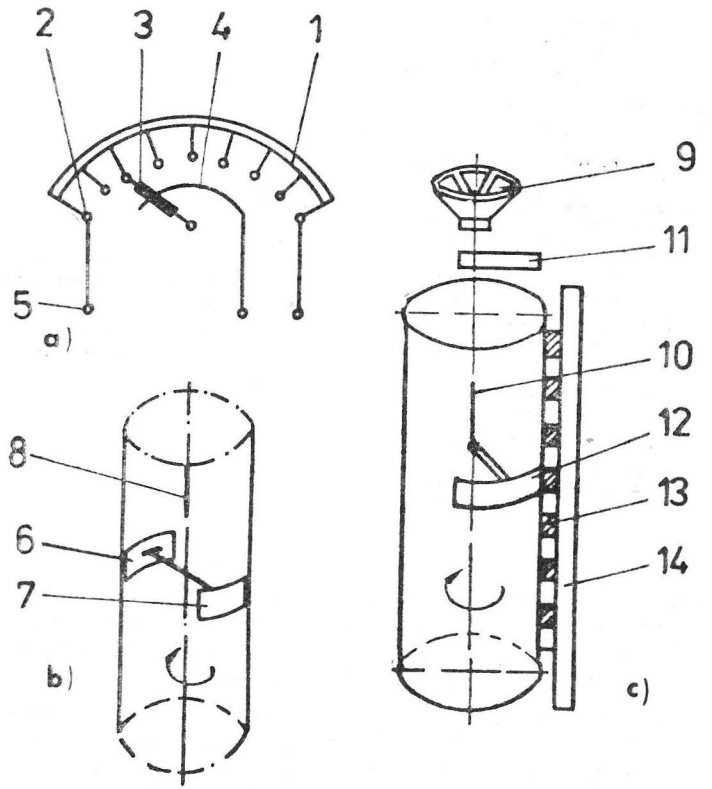


Fig. 5.9. Reostate metalice cu variația în trepte a rezistenței : a — reostat cu comutator plan ; b — reostat cu comutator cilindric ; c — reostat cu comutator în tobă. 1 — elementul rezistor ; 2 — ploturi de contact fixe ; 3 — perie de contact mobilă ; 4 — inel de contact continuu ; 5 — borne exterioare ; 6 — perie rotativă ; 7 — contacte fixe cilindrice ; 8, 10 — ax de acționare ; 9 — roată de manevră ; 11 — dispozitiv de sacadare ; 12 — contacte mobile ; 13 — contacte fixe ; 14 — suport izolant.

La comutatoarele de tip tobă, contactele mobile 12 sînt sectoare cilindrice, care formează un tambur mobil ce fac contact cu contacte de tip deget 13, fixate pe tija izolantă 14. Pentru fixarea poziției sectoarelor și pentru comutația rapidă a pieselor în contact, comutatoarele în tobă au dispozitive de sacadare 11, cu clichet. Acționarea comutatoarelor se face prin intermediul roții de manevră 9 și a axului 10.

Cele trei tipuri de comutatoare se utilizează în reostate metalice răcite în aer sau ulei. Forma constructivă a unui

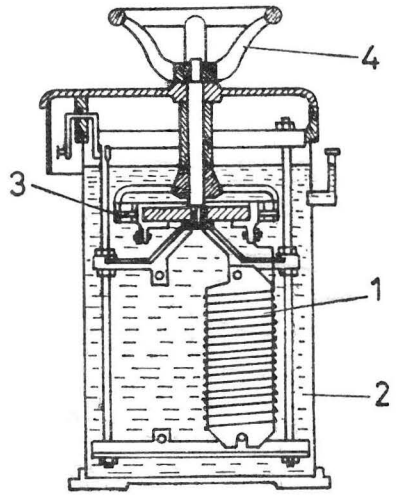


Fig. 5.10. Reostat cu rezistențe metalice în ulei : 1 — rezistențe metalice ; 2 — cuva cu ulei ; 3 — comutator cu ploturi ; 4 — roată de acționare.

reostat răcit în ulei este prezentată în figura 5.10. Utilizarea uleiului la construcția acestor reostate prezintă următoarele avantaje : capacitate calorică mare, gabarit redus, uzură mai redusă a contactelor, protejarea contactelor și a elementelor de rezistor împotriva acțiunii agenților exteriori.

Reostatele metalice cu variație continuă a rezistenței se compun din elemente de rezistor din sîrmă înfășurată într-un singur strat pe o carcasă izolantă (porțelan, steatită etc.), iar pe suprafața bobinată alunecă un contact mobil (figura 5.11). Pentru evitarea scurtcircuitării spirelor, acestea se izolează între ele prin lăcuire sau oxidare, sau prin prevederea unei distanțe de izolare corespunzătoare, iar pe porțiunea de alunecare a contactului mobil, firul rezistiv este curățat de stratul izolant. Aceste reostate permit numai variația continuă a rezistenței, neavînd funcție de conectare sau deconectare a unui circuit, din această cauză folosirea lor este limitată, fiind utilizate ca aparate de laborator pentru reglarea tensiunii sau a intensității curentului în circuite de mică putere. Reostatul cu carcasă plană, de tip potențiometric, prezentat în figura 5.11, b, are o mai largă utilizare, putînd fi executat cu spire de lungime constantă cînd variația rezistenței reostatului se face după o lege lineară, sau cu carcase profilate special cînd lungimea spirelor variază, determinînd o lege neliniară de variație a rezistenței.

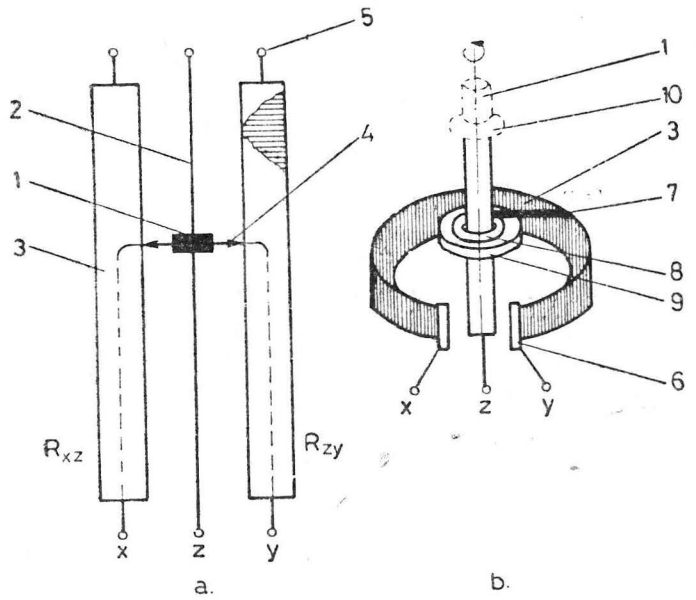


Fig. 5.11. Reostate metalice cu variația continuă a rezistenței : a — reostate de laborator ; b — reosetate cu carcasă profilată plană ; 1 — manetă de acționare ; 2 — bară conductoare ; 3 — cilindru bobinat cu fir rezistor ; 4 — contacte alunecătoare ; 5 — borne de legătură ; 6 — carcasă profilată ; 7 — perie colectoare ; 8 — perie cursor ; 9 — inel colector ; 10 — ax de antrenare.

5.6. MĂRIMI CE INFLUENȚEAZĂ SIGURANȚA ÎN FUNCȚIONARE A REZISTOARELOR ȘI REOSTATELOR

Principalele mărimi ce determină durata și siguranța în funcționare a elementelor de rezistor sînt : densitatea de curent, suprafața de cedare a căldurii, temperatura admisibilă, constanta de timp și regimul de funcționare. Alegerea optimă a tuturor acestor parametri asigură o fiabilitate ridicată a ansamblului.

Cele mai mari densități de curent se pot accepta la elementele de rezistor în formă de sîrmă sau benzi, deoarece asigură cea mai bună posibilitate de răcire. În figura 5.12 se prezintă curenții de sarcină admisibili în funcție de diametru, la rezistoare în formă de sîrmă, fără carcasă metalică. În aceeași diagramă se prezintă și densitățile de curent admisibile, rezultînd că se pot obține încărcări cu curenți mai mari la secțiunile transversale mai mici și dimpotrivă încărcări cu curenți mai mici la diametre ale conductoarelor mai mari. Aceasta se explică prin aceea că la sîrmele subțiri raportul dintre suprafața laterală și secțiunea transversală este mai avantajos ca la diametre mari, iar suprafața laterală este cea care cedează căldură mediului ambiant. Aceste diferențe de cedare a căldurii în funcție de diametrul sîrmei sînt mai puțin pronunțate dacă rezistorul este realizat pe o carcasă de porțelan.

Pentru alegerea optimă a suprafeței de cedare a căldurii trebuie avute în vedere mai multe aspecte. O sarcină prea mare duce la încălzirea la roșu a elementelor de rezistor, apare coroziunea, modificări chimice și metalurgice ce afectează durata de viață a elementelor de rezistor. De aceea, se impune calcularea suprafeței de cedare a căldurii, astfel ca supratemperatura

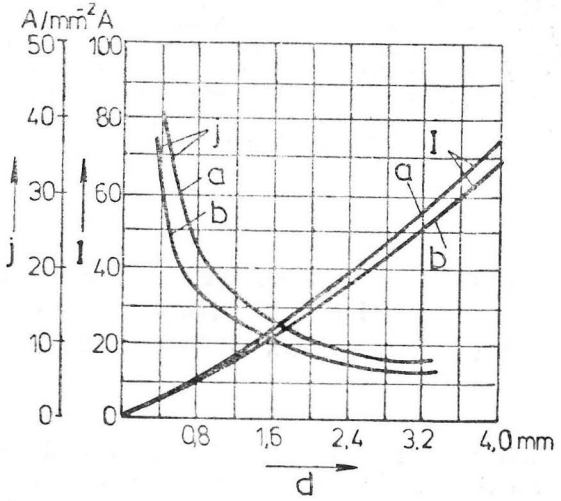


Fig. 5.12. Dependența curentului și a densității de curent funcție de diametrul sîrmei la rezistoare fără carcasă : a — sîrmă de nichelină ; b — sîrmă de constantan.

suprafeței să atingă o valoare optimă. Această valoare optimă a supratemperaturii admisibile depinde de tipul materialului, de diametrul sîrmei și de modul de cedare a căldurii.

Mărimea caracteristică pentru răcirea elementelor de rezistor o constituie constanta de timp. Determinarea analitică a acestei mărimi este în general greu de realizat, datorită procesului complex de cedare a căldurii prin conducție, convecție, și radiație, dependent de forma și dimensiunile elementelor de rezistor.

Cantitatea și felul materialelor utilizate în construcția elementelor de rezistor sînt determinate, înainte de toate, de regimul de funcționare. Astfel, în cazul unui regim de încărcare de scurtă durată, caracteristic pornirii motoarelor electrice, între două vîrfuri de sarcină, elementele de rezistor revin la temperatura mediului ambiant. În acest caz, mărimea carcasei și forma ei sînt determinate de calea de curent și legăturile electrice, trebuind să asigure o rapidă evacuare a căldurii. Alte condiții se pun în cazul unui regim de durată. Aici rezistențele sînt separate de restul aparatelor, introduse în carcase proprii ale căror dimensiuni depind de valorile rezistențelor.

6. MIEZURI MAGNETICE SPECIFICE CONSTRUCȚIEI DE APARATE ELECTRICE

6.1. FORME CONSTRUCTIVE ȘI MATERIALE UTILIZATE

Miezurile magnetice împreună cu înfășurarea și armătura mobilă sînt elementele constructive ale electromagneților, larg utilizați în construcțiile de aparate electrice de joasă tensiune. Electromagneții sînt folosiți în construcția aparatelor electrice de comutație (contactoare, întreruptoare), a aparatelor de protecție (relee, declanșatoare), a servomecanismelor de ridicare și transport, la fixarea pe mașini unelte a unor piese ce urmează a se prelucra, sau la realizarea cuplelor electromagnetice.

După caracteristicile lor constructive și tehnologice, indiferent de funcțiunea lor, miezurile magnetice se împart în :

a) Miezurile magnetice ale sistemelor electromagnetice de curent continuu, executate de obicei din profile laminate (bară, bandă, tablă) și din piese turnate.

b) Miezurile magnetice ale sistemelor electromagnetice de curent alternativ, care se execută de obicei din tablă silicioasă.

6.1.1. MIEZURILE MAGNETICE ALE APARATELOR DE CURENT CONTINUU

Materialele de bază care se utilizează la confecționarea miezurilor magnetice funcționînd în curent continuu sînt :

a) Fierul tehnic (armco), cu procent foarte mic de carbon (sub 0,1%), în formă de bare, benzi și table.

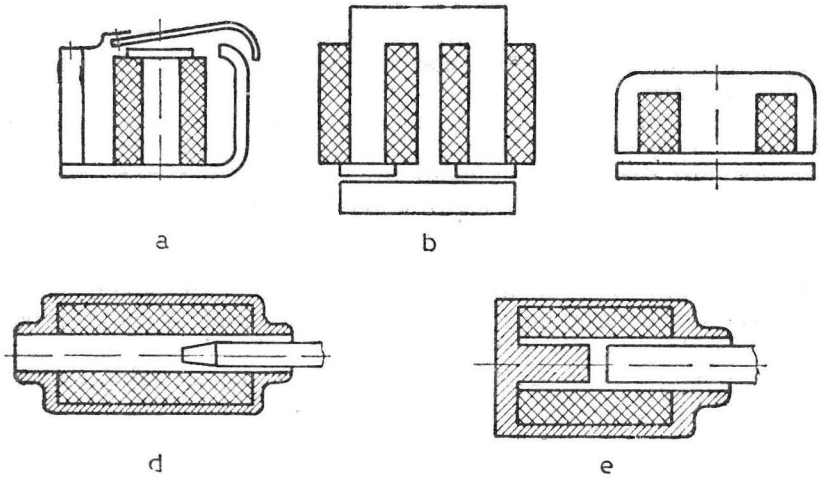


Fig. 6.1. Tipuri constructive de miezuri magnetice utilizate la construcția aparatelor de curent continuu : a — cu armătura rotitoare în jurul unei axe ; b — în formă de U ; c — în manta ; d, e — de tip plonjor.

b) Fierul electrotehnic, cu conținut redus de carbon și impurități, utilizat sub formă de benzi și bare la aparatele ce necesită performanțe electromagnetice mai ridicate.

c) Fierul carbonil, cu conținut sub 0,05% impurități, utilizat pentru piese de forme mai complicate obținute prin sinterizare și utilizat în special la construcția miezurilor unor relee.

Miezurile magnetice utilizate în construcția aparatelor de curent continuu sînt în general masive, obținute prin prelucrarea mecanică a materialelor laminate sau turnate. În foarte puține cazuri, numai la electromagneții rapizi de curent continuu, miezurile se execută din tole.

După caracteristicile constructive și tehnologice, miezurile masive ale aparatelor de curent continuu se pot clasifica în :

— Miezuri magnetice cu armătura mobilă rotitoare în jurul unei axe (figura 6.1, a). Utilizate frecvent în construcția releelor electromagnetice și a contactoarelor de curent continuu, acest gen de electromagnet de tip clapetă dezvoltă o forță relativ mare, pentru o cursă mare, corespunzătoare momentului inițial al deplasării armăturii. Jugul acestor electromagneți se execută de obicei din bandă sau bară, armătura mobilă din bandă, iar miezul se obține obișnuit prin strunjirea materialului sub formă de bară.

— Miezuri magnetice cu armătura mobilă în mișcare rectilinie (figura 6.1, b și c), utilizate în cazul unor curse mici și a unor forțe de atracție mari. Circuitul magnetic poate fi în formă de U sau manta, executat prin turnare.

— Miezuri magnetice cu armătura mobilă în mișcare rectilinie în interiorul bobinei (figura 6.1, d, e), ce constituie tipul constructiv cunoscut sub denumirea de electromagnet plonjor. La acești electromagneți jugul se poate executa din tablă, țeavă sau turnat din oțel. Părțile frontale ale jugurilor pot fi executate din bandă sau turnate din oțel, iar miezul mobil se execută de obicei din material în formă de bară, tras sau strunjit.

— Miezurile magnetice fără armătură mobilă sînt electromagneții de ridicare (elevatori). Jugul și miezul acestor electromagneți se poate confecționa din oțel turnat sau tablă de oțel sudată.

6.1.2. MIEZURILE MAGNETICE ALE APARATELOR DE CURENT ALTERNATIV

Pentru executarea tolelor, din care se împachetează miezurile magnetice ale aparatelor de curent alternativ se utilizează tabla silicioasă sub formă de tablă sau benzi. Prezența siliciului mărește rezistivitatea oțelului, micșorînd prin aceasta curenții turbionari. Siliciul mai contribuie la creșterea permeabilității magnetice și la micșorarea pierderilor prin histerezis. Pe măsura creșterii conținutului de siliciu însă, proprietățile mecanice ale tablei se înrăutățesc, ea devine mai casantă și uzează mai repede tăișurile sculelor. Se fabrică mai multe calități de tablă silicioasă, care se deosebesc prin proprietățile magnetice și gradul de aliere cu siliciul. Proprietățile magnetice sînt caracterizate prin valoarea maximă a pierderilor la magnetizare, exprimate în W/kg, la valori ale inducției de 1 Tesla (P_{10}) sau 1,5 Tesla (P_{15}) și frecvența de 50 Hz. Tablele silicioase utilizate în construcțiile electrotehnice se notează cu litera E, urmată de simbolizarea gradului de aliere cu cifre romane. Calitățile principale ale tablei silicioase întrebuințată pentru miezurile magnetice funcționînd în curent alternativ sînt :

a) Tabla silicioasă laminată la cald EI—EIV, tablă electrotehnică slab, mediu, respectiv supraaliată, avînd următoarele pierderi :

E I, $P_{10}=3{,}6$ W/kg, 0,7% Si,

E II, $P_{10}=2{,}8$ W/kg, 1,7% Si,

E IV, $P_{10}=1$ W/kg, 4,3% Si.

Această tablă se utilizează obișnuit la grosimi de 0,5 și 0,35 mm.

b) Tablă laminată la rece cu permeabilitate magnetică mare în direcția laminării, de 0,35 mm grosime și cu conținut de 3% siliciu, utilizată la confecționarea circuitelor magnetice ale transformatoarelor de măsură și ale bobinelor de șoc. Pierderile de magnetizare sînt reduse : $P_{10}<0{,}6$ W/kg.

c) Tablă cu textură cubică, cu permeabilitate magnetică ridicată, în două direcții perpendiculare, utilizată pentru confecționarea miezurilor magnetice ale transformatoarelor și bobinelor cu miez de fier din tole ștanțate cu forme complicate.

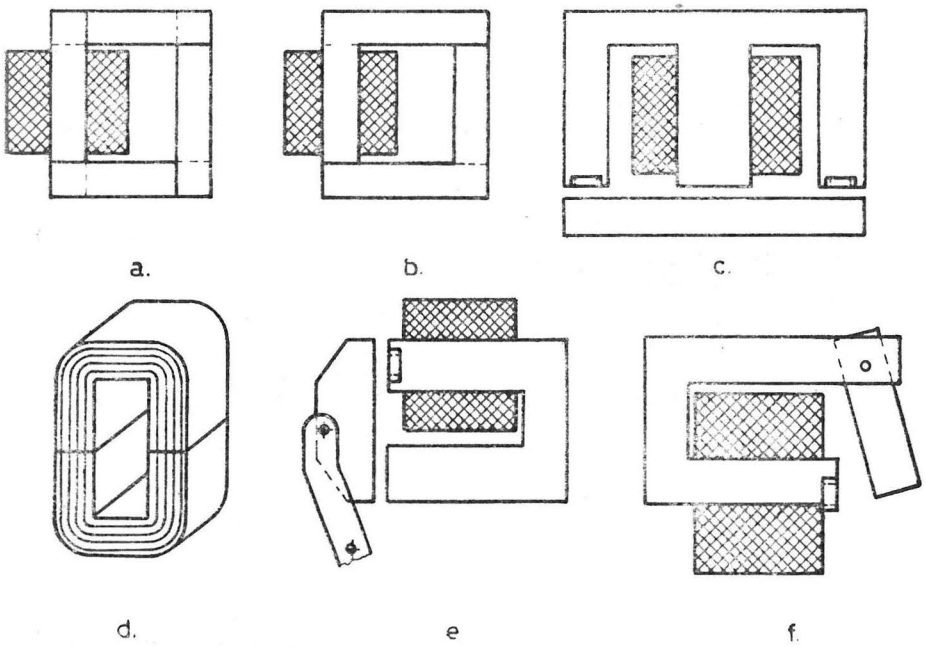


Fig. 6.2. Tipuri constructive de miezuri magnetice din tole utilizate la construcția aparatelor de curent alternativ : a — din tole dreptunghiulare I ; b — din tole în formă de L ; c — în formă de E, cu mișcare de translație a armăturii mobile ; d — toroidale din bandă spiralată ; e — în formă de U, cu mișcare de translație a armăturii mobile ; f — în formă de U, cu mișcare de rotație a armăturii mobile.

După caracteristicile constructive și tehnologice, miezurile din tole ale aparatelor de curent alternativ se pot clasifica în :

— Miezuri magnetice fără părți mobile, utilizate la construcția transformatoarelor de măsură și a bobinelor de șoc. Ele se pot executa din tole în formă dreptunghiulară (figura 6.2, *a*), în formă de L (figura 6.2, *b*), în formă de E (figura 6.2, *c*), în formă toroidală din bandă spiralată (figura 6.2. *d*).

— Miezuri magnetice cu armătură mobilă, utilizate la construcția contactoarelor, releelor și a electromagneților de acționare. Tolele utilizate pot fi în formă de U, L, E, I, iar armătura mobilă poate executa o mișcare de translație (figura 6.2, *e*) sau o mișcare de rotație în jurul unui ax sau în jurul muchiei unei prisme (figura 6.2, *f*).

6.1.3. MIEZURI MAGNETICE OBȚINUTE PRIN PRESARE

Aceste miezuri se pot realiza sub forma de :

— ferite moi, materiale magnetoceramice, prelucrate la forma dorită prin sinterizare. În această categorie se amintesc

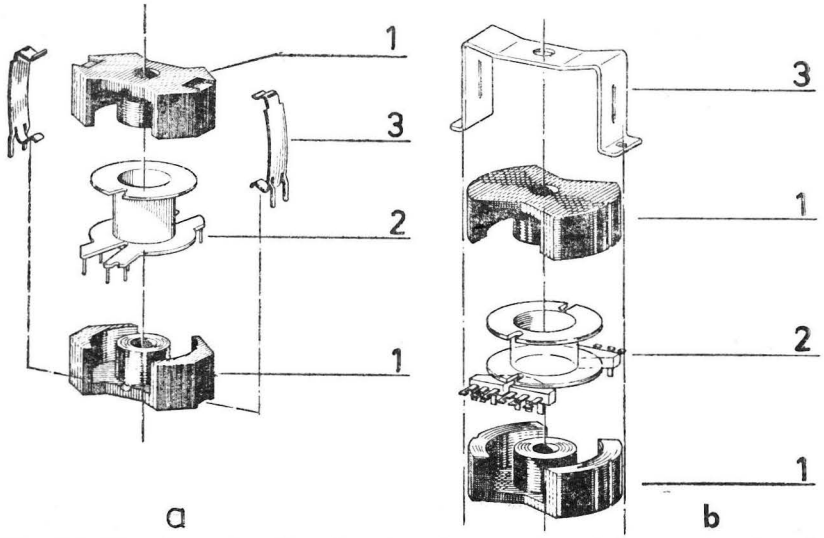


Fig. 6.3. Tipuri constructive de miezuri magnetice obținute prin sinterizare și modul lor de asamblare : a — cu cleme elastice blocate împotriva deplasării ; b — cu clemă elastică fixată de șasiu. 1 — miez ; 2 — carcasa bobinei ; 3 — cleme elastice.

feritele de nichel-zinc (niferit) și mangan-zinc (maferit), din care se execută miezuri de cele mai diferite forme I, L, U, E, precum și de formă complicată (figura 6.3) ;

— ferite dure, dintre care cele mai răspîndite sînt feritele de bariu, utilizate ca atare sau asociate cu magneți permanenți ;

— materiale magnetodielectrice.

6.2. PROCESUL TEHNOLOGIC DE FABRICARE A MIEZURILOR MAGNETICE MASIVE

Procesul tehnologic de fabricare al acestor miezuri, utilizate la dispozitivele electromagnetice de curent continuu, cuprinde o succesiune de procedee tehnologice, ca : turnarea, prelucrarea prin strunjire, frezarea, burghiere și filetare. La confecționarea părților cilindrice și frontale ale jugurilor, se procedează mai întîi la tăierea semifabricatului, pe prese sau foarfece, atunci cînd materialul este sub formă de bară, tablă sau țeavă, respectiv la confecționarea piesei prin turnare. În procesul de confecționare a materialului de bază, apar tensiuni interne, în urma cărui fapt se înrăutățesc proprietățile magnetice ale semifabricatului și se mărește duritatea, ceea ce îngreunează prelucrarea următoare prin așchiere. Pentru a se obține o structură omogenă, fapt care determină îmbunătățirea calităților magnetice și mecanice ale materialului, semifabricatele sînt supuse recoacerii. Procesul de recoacere se face în următoarea succesiune :

— Încălzirea materialului laminat la cald pînă la temperatura de 850°—900 °C, iar a oțelului turnat pînă la 850°—950° C, timp de 2 pînă la 4 ore, în funcție de compoziția materialului și de dimensiunile semifabricatului.

— Menținerea la temperatura indicată timp de aproximativ 30 de minute, pentru a se asigura o recoacere uniformă.

— Răcirea materialului, cu viteză constantă de pînă la 30 °C/h.

Operația de strunjire, realizată pe strunguri de diferite tipuri, trebuie să asigure o precizie mare, admițîndu-se toleranțe de 0,005 mm. Asigurarea preciziei în prelucrare este ne-

cesară pentru a permite exactitatea așezării pieselor parcurse de fluxurile magnetice. În afara preciziei dimensiunilor geometrice, trebuie să se respecte perpendicularitatea și paralelismul suprafețelor prelucrate, pentru a evita deformări ale întrefierurilor sau suprafețelor frontale.

Cu ajutorul unor dispozitive sau plăci de trasat se realizează apoi trasarea pentru operațiile de frezare și găurire. Frezarea suprafețelor plane se realizează pe mașini de frezat orizontale și verticale. De multe ori se preferă ca prelucrarea jugului și a miezului să se facă în stare asamblată, în special la construcțiile releelor electromagnetice. Acest lucru permite prelucrarea corespunzătoare a suprafețelor fixe și mobile ce vin în contact și asigurarea unui întrefier corespunzător.

Următoarele operații constau în burghierea, zencuirea și filetarea orificiilor, după care urmează debavurarea și îndepărtarea muchiilor ascuțite cu mașini de șlefuit și polizat. În sfîrșit, după o prealabilă curățire chimică, urmează operația de acoperire electrochimică, de exemplu, zincarea sau vopsirea pieselor.

La prelucrarea miezurilor magnetice ale armăturilor mobile este necesară rectificarea părților alăturate miezurilor și jugurilor. La armăturile mobile care execută o mișcare de rotație, esențialul constă în asigurarea exactității așezării acesteia pe armătura fixă, cu întrefieruri minime.

6.3. PROCESUL TEHNOLOGIC DE FABRICARE A MIEZURILOR MAGNETICE DIN TOLE

Caracteristicile tehnologice ale confecționării miezurilor magnetice din tole împachetate, utilizate la dispozitivele electromagnetice de curent alternativ, diferă după forma constructivă a tolelor, după variantele de tăiere ale acestora din tabla silicioasă, după tipul utilajului de ștanțare și după modalitatea de fixare a spirelor în scurtcircuit. Cu toate că operațiile tehnologice utilizate la confecționarea miezurilor magnetice împachetate sînt examinate detaliat în tehnologia construcției de mașini, totuși întregul proces de fabricație are un caracter specific, motiv pentru care este analizat în cele ce urmează.

6.3.1. TEHNOLOGIA ȘTANȚĂRII TOLELOR MIEZURILOR MAGNETICE ÎMPACHETATE

Înainte de ștanțare, tablele se taie la foarfecă (se debitează) în fișii, la lățimea necesară. Tăierea tablelor silicioase se face folosind diferite procedee : cu ajutorul unor foarfece ghilotină, foarfece cu role drepte sau înclinate, sau foarfece vibratoare (figura 6.4). Foarfecele pot fi acționate manual, cu piciorul sau mecanic. Cele mai utilizate sînt foarfecele cu ghilotină și foarfecele cu role multiple.

Ștanțarea este una din cele mai avantajoase metode tehnologice de producție, deoarece permite :

— executarea de operații complexe și obținerea unor piese de formă complicată prin tăiere și deformare la rece a metalului, cu simple lovituri de presă ;

— stabilitatea dimensiunilor cu o precizie ridicată, fără necesitatea unor prelucrări mecanice ulterioare ;

— utilizarea rațională a materialului ;

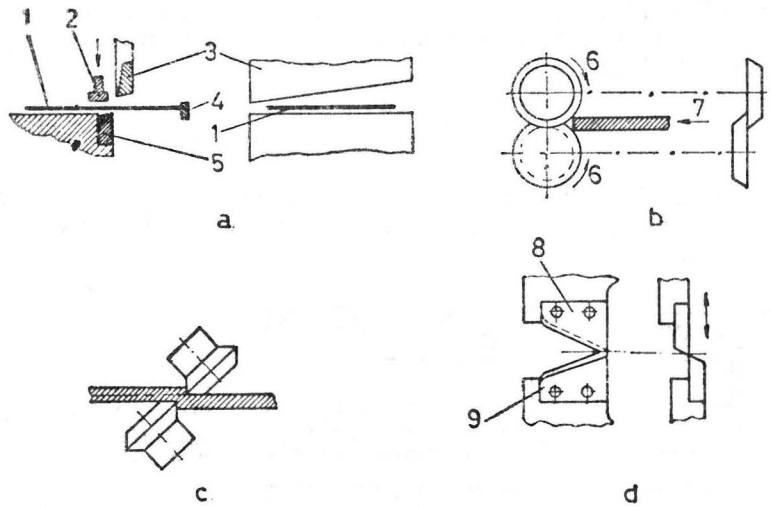


Fig. 6.4. Diferite procedee de forfecare a tablelor silicioase : a — foarfecă ghilotină ; b — foarfecă cu role drepte ; c — foarfecă cu role înclinate ; d — foarfecă vibratoare. 1 — materialul de tăiat ; 2 — dispozitiv de apăsare ; 3 — cuțitul superior ; 4 — limitator ; 5 — cuțitul inferior ; 6 — sensul de rotație al rolelor ; 7 — sensul de avans al materialului de tăiat ; 8 — cuțitul mobil ; 9 — cuțitul fix.

— aplicarea metodelor de organizare specifice producției de serie mare.

Datorită formelor complicate și foarte diferite ale miezurilor aparatelor electrice de curent alternativ, criteriul cel mai important al tehnologicității pieselor ștanțate este economia de material, din cauza ponderii mari pe care o are valoarea materialului în prețul de cost al pieselor ștanțate. De aceea configurația piesei trebuie să asigure utilizarea optimă a tablei, permițînd înlocuirea decupării prin retezare fără deșeu. Dacă deșeul este inevitabil, este de dorit să i se dea configurația unei alte piese sau să fie reutilizat. Astfel, adoptarea unei construcții tehnologice pentru tolele transformatoarelor de măsură, ale contactoarelor și releelor (figura 6.5) permite obținerea tolelor I din deșeurile care se produc la ștanțarea ferestrelor de la tolele E. Ștanțarea se face prin retezare fără deșeu cu o productivitate dublă față de ștanțarea prin decupare. Miezurile magnetice de forma EI, utilizate la construcția electromagneților contactoarelor și releelor (figura 6.6) se realizează cu respectarea unor anumite proporții între dimensiuni, în tabelul 6.1 fiind indicate cîteva valori uzuale. Pentru miezurile magnetice de forme EE, utilizate la construcția transformatoarelor de măsură (figura 6.7) se recomandă următoarele rapoarte între principalele dimensiuni :

$$\frac{a}{100} = \frac{b}{100} = \frac{c}{15} = \frac{e}{70} = \frac{f}{30} = \frac{h}{30}. \qquad (6.1)$$

În tabelul 6.2 se indică valorile recomandabile ale miezurilor magnetice în formă de EE, în funcție de lungimea a a miezului.

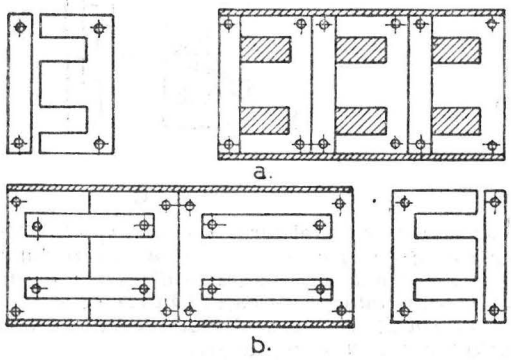


Fig. 6.5. Ștanțarea tolelor în formă de E și I cu coeficientul de utilizare η, al tablei avînd valoarea:
a — η=0,764;
b — η=0,935.

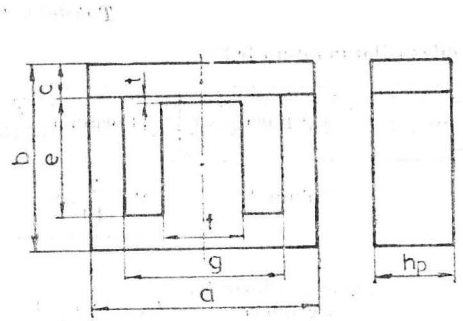


Fig. 6.6. Elementele geometrice ale miezurilor magnetice de formă EI.

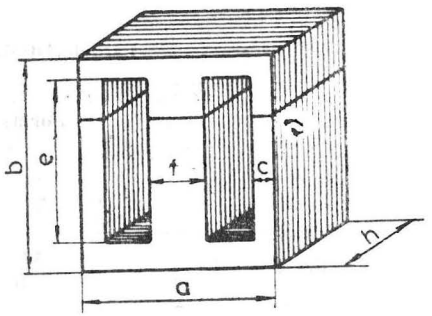


Fig. 6.7. Elementele geometrice ale miezurilor magnetice de forma EE.

Tabelul 6.1

Dimensiunile miezurilor magnetice EI

a mm	b mm	c mm	e mm	f mm	g mm	h_p mm	t mm
30	20	5	15	10	20	10,4	
38,4	25,6	6,4	19,2	12,8	25,6	13,5	0÷1
42	28	7	21	14	28	13,6	
48	32	8	24	16	32	15,6	
54	36	9	27	18	36		
60	40	10	30	20	40		
66	44	11	33	22	44		0÷1
78	52	13	39	26	52		
84	56	14	42	28	56		
90	60	15	45	30	60		
96	64	16	48	32	64		
105	70	17,5	52,5	35	70		
120	80	20	60	40	80		
135	90	22,5	63	42	84		
150	100	25	75	50	100		
180	120	30	90	60	120		
192	128	32	96	64	128		
240	160	40	120	80	160		
270	180	44	135	90	180		

Tabelul 6.2

Caracteristicile miezurilor în formă de EE

Mărimea	Formula	Mărimea	Formula
Secțiunea transversală	$S_t = \frac{9}{100} a^2$	Volumul	$V = \frac{7}{10} a^3$
Secțiunea ferestrei	$S_f = \frac{14}{100} a^2$	Raportul dintre l_{Fe} și secțiunea transversală	$\frac{l_{Fe}}{S_t} = \frac{80}{3} \cdot \frac{1}{a}$
Lungimea liniei de cîmp în fier	$l_{Fe} = \frac{24}{10} a$		

Principalele toleranțe admise la construcția miezurilor magnetice sînt date în tabelul 6.3.

Ștanțarea tolelor în formă de L se poate face în diferite variante, așa cum rezultă din figura 6.8. Este de remarcat că

Tabelul 6.3

Toleranțele admise la realizarea miezurilor magnetice

Mărimea	Explicații	Toleranță admisibilă
Înălțimea pachetului de tole	Funcție de grosimea pachetului	$\leqslant \pm 0{,}02$ mm
Dimensiunile de gabarit	Funcție de mărimea miezurilor	$\pm 0{,}1 \ldots \pm 0{,}2$ mm
Perpendicularitatea		$R = 90° \pm 0{,}5°$
Întrefierul		$\delta = \pm 5$ pînă la $\pm 20.10^{-3}$ mm, paralelismul suprafețelor plane 5.10^{-3} mm
Deplasarea axială		$s \leqslant 0{,}05$ mm

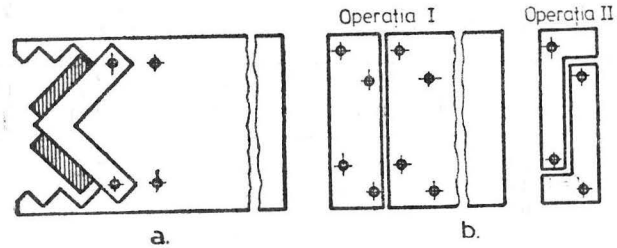


Fig. 6.8. Stanțarea. Variante de stanțare economică a miezurilor magnetice în formă de L: a — cu laturi egale; b — cu laturi inegale.

Tabelul 6.4

Dimensiuni recomandabile la miezurile magnetice în formă de L

a mm	b mm	c_1 mm	c_2 mm
53	17	7	8
59	13	5	9
59	30	15	15
62	30	15	15
62	30	16	16
74,6	39,8	15	15
88	66	14	14
140	20	10	10
152	26	13	13

așezarea oblică a pieselor de ștanțat în formă de L cu laturi egale este mai economică decît așezarea dreaptă a acelorași piese. Pentru aceste tipuri de tole (figura 6.8) se recomandă folosirea unor dimensiuni, funcție de domeniul de utilizare al acestor miezuri magnetice, ce sînt prezentate în tabelul 6.4.

O formă relativ nouă a tolelor, ce permite o ușoară asamblare, fără șuruburi, prin presare, a pachetului de tole este prezentată în figura 6.9. Cu dimensiunile din figură se indică cîteva variante constructive ale acestor tipuri de circuite magnetice în tabelul 6.5.

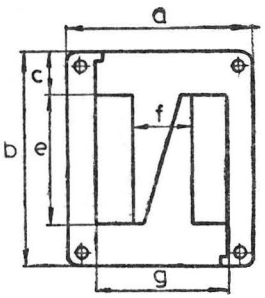


Fig. 6.9. Elementele geometrice ale miezurilor magnetice în formă de WM.

Tabelul 6.5

Dimensiuni recomandabile la tolele de tip WM

a mm	*b* mm	*c* mm	*e* mm	*f* mm	*g* mm
30	38	9	20	7,1	20
42	48	9,75	28,5	12	30
55	64	13	38	17	38
60	77	10	57	17,5	42
65	75	15	45	20	45
74	86	17,5	51	23	51
85	100	22	56	29	56
102	120	26	68	34	68

Procedeele de ștanțare ale tipurilor de tole prezentate, ce formează circuitul magnetic al electromagneților contactoarelor și releelor sau al transformatoarelor de măsură diferă după forța pe care o dezvoltă, respectiv puterea acestora și după ca-

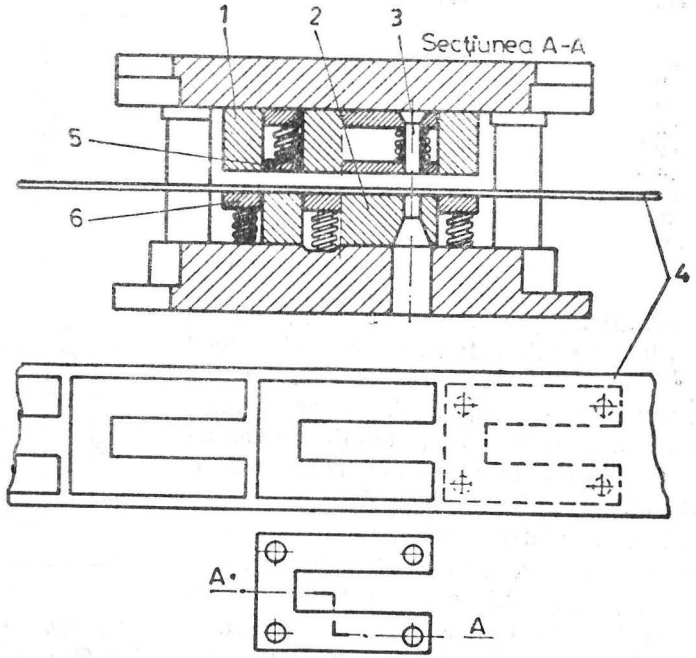


Fig. 6.10. Matriță bloc: 1 — placa tăietoare; 2 — poanson pentru contur; 3 — poansoane pentru găuri de nit; 4 — banda; 5 — aruncător; 6 — dezbrăcător.

racterul producției. Deoarece la ștanțarea tolelor silicioase subțiri (0,35—0,5 mm), cu rezistență mare la tăiere, 45—53 daN/mm², pentru a se obține o tăiere fără bavuri, trebuie ca spațiile dintre poanson și matriță să fie de cca 6—7% din grosimea materialului, este necesară o mare precizie la confecționarea utilajelor. Se pot utiliza matrițe bloc (figura 6.10). La acestea, placa tăietoare 1 este fixată de placa superioară mobilă a ștanței. Poansonul pentru contur 2 este fixat pe placa inferioară fixă a ștanței și servește drept matriță pentru poansoanele 3, care ștanțează orificiile. Banda de material 4 se așază între matriță și poansoane. După lovirea ștanței, conturul tăiat al tolei se îndepărtează din matrița 1 cu ajutorul aruncătorului 5, sub acțiunea resoartelor. Banda decupată se scoate de pe

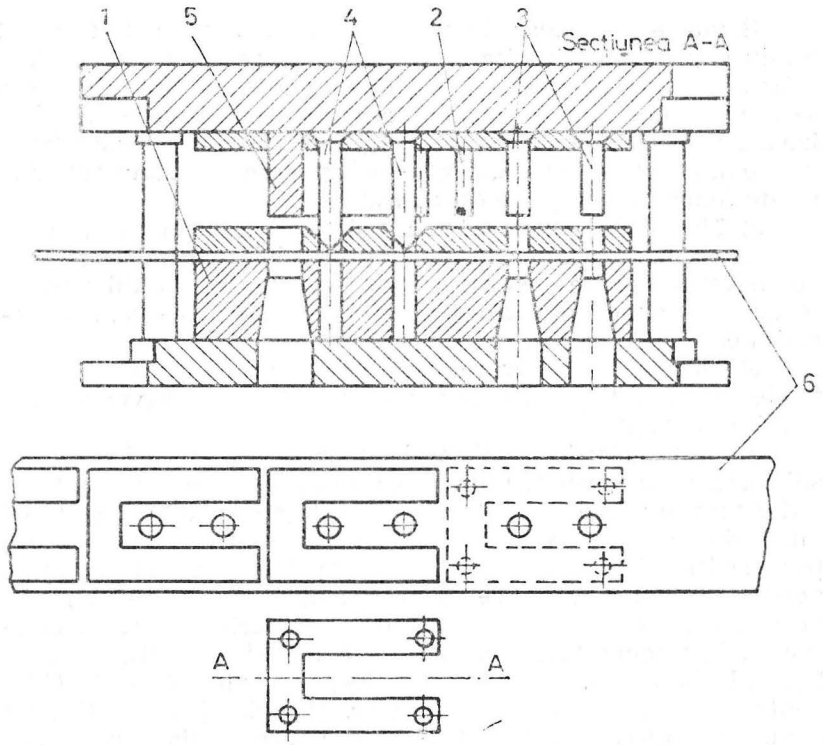


Fig. 6.11. Matriță cu înaintare (matriță succesivă): 1 — placa tăietoare; 2 — poanson pentru găurile de nit; 3 — poanson pentru găurile tehnologice; 4 — știfturi de centrare; 5 — poanson pentru contur; 6 — bandă.

poansonul 2 de către dezbrăcătorul 6. În cazul în care găurile sînt apropiate între ele sau de conturul tolei, nu se recomandă utilizarea matrițelor bloc, căci punțile prea înguste nu rezistă la acțiunea forței de apăsare. De aceea, în aceste situații se utilizează matrițe cu înaintare (figura 6.11). Întîi se stanțează găurile tehnologice 3, în care prin înaintarea benzii de material 6, vor intra știfturile de centrare 4. Placa tăietoare 1 formează partea inferioară, de lucru, a matriței iar poansoanele 2 și 5 servesc pentru realizarea găurilor de asamblare respectiv de obținere al conturului tolei.

6.3.2. TEHNOLOGIA PRELUCRĂRII TOLELOR MIEZURILOR MAGNETICE ÎMPACHETATE

Bavurile care apar în procesul de ștanțare a tolelor pot conduce, prin scurtcircuitarea tolelor, la pierderi de magnetizare mărite, la supraîncălziri și scăderea randamentului. De aceea se prevede operația de debavurare, înainte de izolare, la tolele izolate prin lăcuire sau oxidare. La fabricarea miezurilor magnetice din tablă silicioasă, pentru debavurare sînt cunoscute mai multe feluri de utilaje de debavurat.

a) Mașini de debavurat prin polizare (șlefuire), figura 6.12, ce sînt formate din discuri de șlefuit, tolele trecînd între rola de șlefuit și cea de susținere. La aceste mașini, valțul abraziv se uzează în mod neuniform, ceea ce conduce frecvent la necesitatea rectificării lui.

b) Mașini de debavurat prin laminare (vălțuire), la care tolele sînt trecute printre două role din oțel călit, bavurile fiind strivite sau rupte.

În urma tăierii, ștanțării și chiar a debavurării în tabla silicioasă apar tensiuni interne. Ca urmare a acestora, proprietățile magnetice ale tablelor se înrăutățesc, datorită creșterii pierderilor de magnetizare și a forței coercitive, și a scăderii permeabilității magnetice. Pentru a ameliora proprietățile magnetice ale tolelor se utilizează procedeul de recoacere. Regimul de recoacere depinde de proprietățile materialului și se efectuează la temperaturi cuprinse între 800 și 1 200 °C, timp de 2 pînă la 40 de ore. Încălzirea și răcirea se fac lent (20—70 °C/h), pentru a se evita deformarea tolelor. Materialul se menține un anumit timp (cca 30 minute) la temperatura maximă, pînă cînd toate straturile tolelor ating temperatura respectivă. Pentru a se elimina oxidarea și carburarea tolelor silicioase, recoacerea se execută în cuptoare cu vid sau cu mediu neutru.

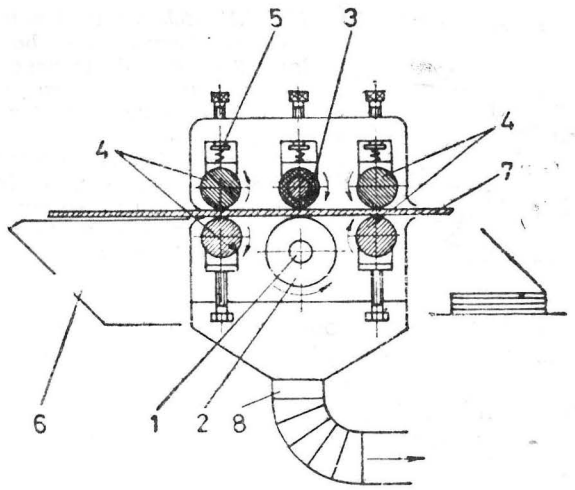


Fig. 6.12. Mașină de debavurat prin polizare: 1 — arbore motor; 2 — valț abraziv; 3 — valț cauciucat; 4 — valțuri de alimentare și evacuare; 5 — resoarte; 6 — masa de alimentare; 7 — tole; 8 — aspirația prafului.

Pentru a se micșora pierderile prin curenți turbionari, tolele miezurilor magnetice trebuie izolate una față de alta. Există mai multe procedee de izolare: izolarea cu hîrtie; izolarea cu lac; izolarea prin oxidare; izolarea pe bază de fosfați; izolații de tip ceramic. Aceste izolații trebuie să îndeplinească anumite condiții, ca: grosime minimă, rigiditate dielectrică și rezistență de izolație suficientă; rezistență mecanică și elasticitate bună; să fie termostabile și să fie ieftine. În toate cazurile, înainte de izolare, suprafața trebuie să fie degresată cu solvenți organici sau alcalini.

Izolarea cu hîrtie, aplicată la începutul dezvoltării construcției de aparate electrice, folosea o hîrtie specială de grosime $0{,}033 \pm 0{,}002$ mm și se realiza pe agregate speciale de lipire și uscare.

Izolarea prin lăcuire, deși mai scumpă, este practic mai des utilizată, datorită unor avantaje importante, ca: grosime mică, factor de umplere mare, rigiditate dielectrică și termostabilitate înaltă, higroscopicitate scăzută; proprietăți mecanice bune. Procesul tehnologic constă în acoperirea tolelor cu lac, pe bază

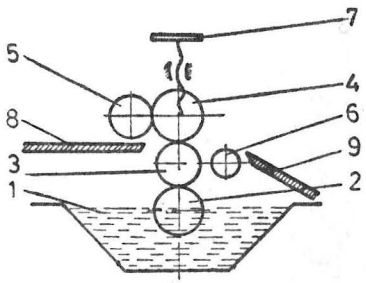


Fig. 6.13. Schema unei mașini de izolat tole prin lăcuire : 1 — baie în lac izolant; 2 — valț de transport al lacului; 3 — valț ungător pentru fața inferioară a tolei; 4 — valț ungător pentru fața superioară a tolei; 5 — valț pentru egalizarea peliculei de lac; 6 — valț de dirijare; 7 — mecanism de apăsare și reglare a jocului; 8 — masa de alimentare cu bandă a mașinii; 9 — plan înclinat de evacuare a tolei lăcuite.

de rășini sau bachelită, și polimerizarea peliculei în cuptoare. Schema unei mașini de lăcuit este prezentată în figura 6.13. Tolele sînt aduse la mașina de lăcuit cu o bandă transportoare și cad după planul înclinat 9, pe o altă bandă transportoare care traversează un cuptor tunel (nefigurat), în care uscarea se face cu raze infraroșii.

Izolarea prin oxidare constă în formarea pe suprafețele tolelor a unei pelicule subțiri de FeO, Fe_2O_3 sau Fe_3O_4. În acest scop, tolele se încălzesc într-un cuptor de recoacere pînă la 725 °C, după care se introduc într-un cuptor cu amestec de abur și aer, unde se mențin timp de 1 pînă la 2 ore. Pelicula izolantă obținută este mai subțire decît pelicula de lac și permite să se mărească factorul de umplere, iar pierderile în fier se micșorează cu 10—15%, ca rezultat al îmbunătățirii proprietăților magnetice în urma recoacerii. Ca dezavantaj se poate menționa ruginirea tolelor în condiții nefavorabile.

6.3.3. TEHNOLOGIA ÎMPACHETĂRII ȘI ASAMBLĂRII MIEZURILOR MAGNETICE

Miezurile magnetice ale aparatelor de curent alternativ se realizează în construcție împachetată, adică formate din pachete de tole presate și rigidizate. Miezurile magnetice împachetate trebuie să satisfacă o serie de cerințe, ca :

— tolele să fie izolate între ele ;

— la împachetare se utilizează tole bine debavurate ;

— miezul să fie bine presat și strîns, fără interstiții între tole ;

— să se respecte toleranțele prescrise ;

— completarea tolelor trebuie să se facă nu după număr, ci după greutate ;

— este necesar să se realizeze un factor de umplere maxim, fără depășirea presiunii de împachetare admisibilă și cu respectarea greutății de fier prescrise.

Tabla silicioasă, avînd o toleranță în grosime de ±10%, la împachetarea tolelor după număr se pot ivi abateri considerabile, pe lîngă faptul că numerotarea reprezintă o operație greu de controlat. De aceea este rațional ca înainte de împachetare să se completeze greutatea pachetelor la valoarea impusă.

La împachetare este de dorit ca tolele să fie așezate astfel, ca direcția de tăiere la ștanțare să fie respectată și la asamblare. Se vor suprapune astfel în pachet tolele, în ordinea ștanțării, încît contururile lor se vor suprapune aproape exact.

Strîngerea pachetului de tole și presarea lui pentru atingerea coeficientului de împachetare optim, se face cu presele hidraulice, pneumatice sau cu excentric, la presiuni optime cuprinse între 30—100 bari. Întrebuințarea unor presiuni mai mari, deși asigură o mai bună umplere a secțiunii cu tablă, datorită bavurilor și a numărului mare de puncte de atingere între tole, pot conduce la contacte între tole, ceea ce provoacă pierderi magnetice suplimentare și o încălzire excesivă a miezurilor.

Rigidizarea miezurilor se poate face prin nituire, lipire sau cu tije de strîngere, bercluite. Astfel, în procesul de asamblare al tolelor în formă de E (figura 6.14), tijele de strîngere care se introduc în orificiile ștanțate se bercluesc, umplînd adînciturile zencuite ale tolelor marginale ale miezului magnetic, consolidînd astfel pachetul. Prezoanele și buloanele de strîngere se izolează în sul de carton electrotehnic, tub izolant sau prin înfășurare cu hîrtie bachelizată urmată de polimerizare. Ron-

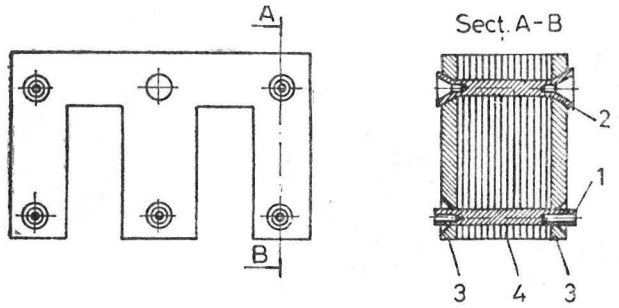


Fig. 6.14. Asamblarea cu nituri a miezurilor magnetice în formă de E : 1 — nit, înainte de formare a capetelor ; 2 — nit cu capete formate (bercluite) ; 3 — tole marginale ; 4 — circuit magnetic din tole.

delele izolante se ştanţează din carton electrotehnic. Ca urmare a tendinţei de miniaturizare a elementelor constructive ale releelor şi contactoarelor, s-a răspîndit în ultimul timp metoda rigidizării miezurilor magnetice mici prin lipire cu răşini epoxidice sau cu lac de bachelită. Aderenţa tolelor, acoperite cu răşini pe ambele feţe, se realizează prin presare şi apoi polimerizare.

Pentru miezurile magnetice de gabarit mic, fixarea tolelor se poate face cu scoabă (figura 6.15), aşa cum se întîlnesc la unele construcţii de lămpi de semnalizare. Asamblarea circuitelor magnetice realizate din tole ştanţate, conform figurii 6.9, şi împachetate se poate realiza simplu, prin presare cu ajutorul unor dispozitive mecanice (figura 6.16) şi fixarea celor două părţi în umerii prevăzuţi în acest scop.

Pentru eliminarea vibraţiilor provocate de componenta alternativă a forţei de atracţie, pe suprafeţele polare ale miezurilor magnetice ale electromagneţilor de curent alternativ se montează spire în scurtcircuit. Pentru fixarea acestor spire în scurtcircuit se pot avea în vedere mai multe metode constructive şi tehnologice (figura 6.17), dintre care amintim :

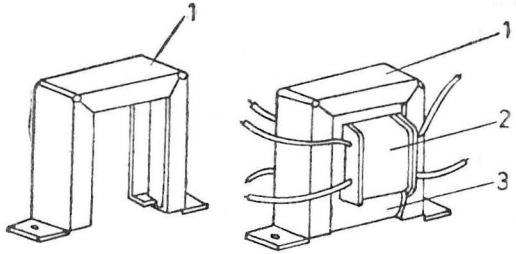


Fig. 6.15. Asamblarea cu scoabă din tablă a miezurilor magnetice : 1 — scoabă ; 2 — bobină ; 3 — miez magnetic din tole.

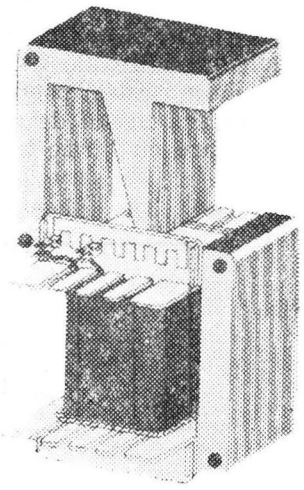


Fig. 6.16. Asamblarea circuitelor magnetice în formă de W.M.

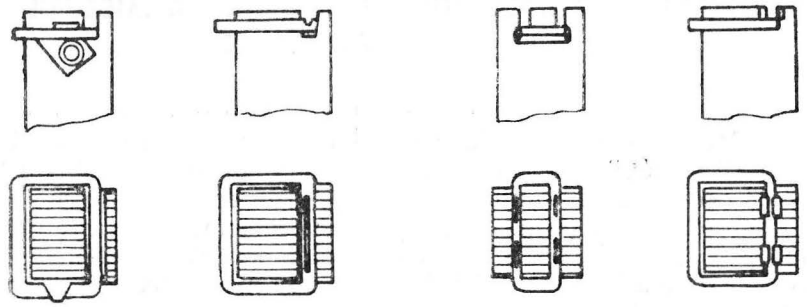


Fig. 6.17. Fixarea spirelor în scurtcircuit : a — îndoirea unei părţi a tolei fixată de miezul magnetic ; b — baterea şi lăţirea (sertizarea) spirei în canalul cu pereţi oblici ; c — baterea şi lăţirea (sertizarea) spirei în canalul cu partea inferioară cilindrică ; d — turtirea unei părţi din pereţii canalului.

a) Îndoirea unei părţi a tolei, fixată de miezul magnetic. Metoda este utilizată la miezurile magnetice asamblate cu prezoane sau nituri în apropierea spirelor în scurtcircuit, şi pe acestea se aşază piese din tablă care la montarea spirelor se îndoaie şi fixează spirele de miezul magnetic (figura 6.17, *a*).

b) Baterea şi lăţirea (sertizarea) spirei în canal. În acest caz, crestăturile în care se aşază spirele în scurtcircuit se execută : cu pereţi oblici (în formă de coadă de rîndunică, figura 6.17, *b*) sau cu partea inferioară a canalului cilindrică (figura 6.17, *c*). După aşezarea spirei în crestătură, prin lovirea cu o daltă sau cu alt dispozitiv de presare, partea superioară a spirei se deformează şi se fixează în crestătură.

c) Turtirea unei părţi a peretelui canalului (figura 6.17, *d*). În cazul în care canalul este de formă dreptunghiulară, în loc de a bate şi deforma spira prin lovire se turteşte o parte din peretele canalului şi astfel spira se fixează în acesta.

d) Fixarea spirei în scurtcircuit prin lipire cu lacuri sau răşini adezive.

Prelucrarea asamblată a miezurilor magnetice împachetate se face prin rabotare în lungul tolelor, cînd se obţin cele mai mici bavuri, dar procedeul necesită manoperă mare, sau prin şlefuire cu maşina de rectificat plană, în vederea obţinerii unui întrefier cît se poate de mic, bine determinat şi stabil.

6.4. PROCESUL TEHNOLOGIC DE FABRICARE A MIEZURILOR MAGNETICE SPIRALIZATE

Dată fiind anizotropia foarte pronunțată, după direcția laminării și după o direcție perpendiculară, la tolele laminate la rece, s-a impus execuția miezurilor magnetice înfășurate în formă de spirală (figura 6.2, *d*). Aceste miezuri sînt întrebuințate în special la transformatoarele de măsură și bobinele de șoc, de dimensiuni mai mici. La miezurile magnetice spiralizate, fluxul magnetic este dirijat numai în direcția laminării. Formele constructive ce se pot realiza la miezurile magnetice spiralizate pot fi : toroidală, inelară (figura 6.18, *a*), ovală dreptunghiulară (figura 6.18, *b*), divizate (figura 6.18, *c*) sau împachetate pentru a forma un miez în manta (figura 6.18, *d*). Miezurile spiralizate divizate se pot ușor asambla cu bobinele, pe cînd cele nedivizate necesită realizarea bobinării toroidale a conductoarelor pe miez (vezi 4.3.4).

Miezurile magnetice spiralizate, utilizate la execuția transformatoarelor de curent și tensiune folosite în schemele de protecție, sînt superioare și din punct de vedere tehnologic față de miezurile împachetate, deoarece operațiile laborioase de ștanțare și împachetare sînt înlocuite de o operație foarte simplă, de înfășurare a benzilor. Procedeul tehnologic permite în același timp o execuție practic fără deșeuri de tablă silicioasă și este ușor de mecanizat și automatizat.

Principalele etape (operații) ale procesului tehnologic de execuție a diferitelor tipuri de miezuri magnetice spiralizate

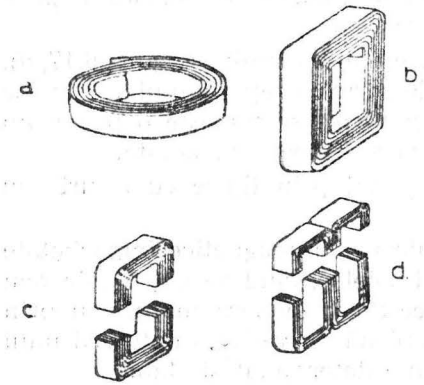


Fig. 6.18. Miezuri magnetice spiralizate : a — inelare ; b — dreptunghiulare ; c — dreptunghiulare divizate ; d — dreptunghiulare, divizate, împerechiate.

cuprind următoarele operații : curățirea, prealabilă a benzii, tăierea benzii în lățime, debavurarea, curățirea definitivă a benzii, aplicarea izolației, înfășurarea miezului și tratamentul termic. Aceste operații se desfășoară în general după metodologia descrisă la paragraful 6.3.

Miezurile magnetice divizate se pot realiza în mai multe variante, ce cuprind următoarele operații : tăierea în două, urmată de tratamentul termic, sau tratamentul termic urmat de tăierea anodo-mecanică, sau după a treia variantă, debitarea în benzi, împachetarea, îndoirea semimiezurilor, frezarea capetelor de contact și tratamentul termic. După aplicarea uneia din aceste variante urmează operațiile de impregnare, uscare și rectificare a capetelor de contact.

În unele situații se realizează înfășurarea benzii pe bobina gata confecționată, operație ce se execută pe mașini speciale. Schema procesului de înfășurare este reprezentată în figura 6.19. Pe arborele vertical al mașinii se așază semifabricatul format din spirale de tolă silicioasă 2. Pe masa mașinii se așază bobina 3, în orificiul căreia se introduc capătul benzii 5 (poziția I). Se aplică apoi rola 4, care apasă capătul benzii 5 pe acest

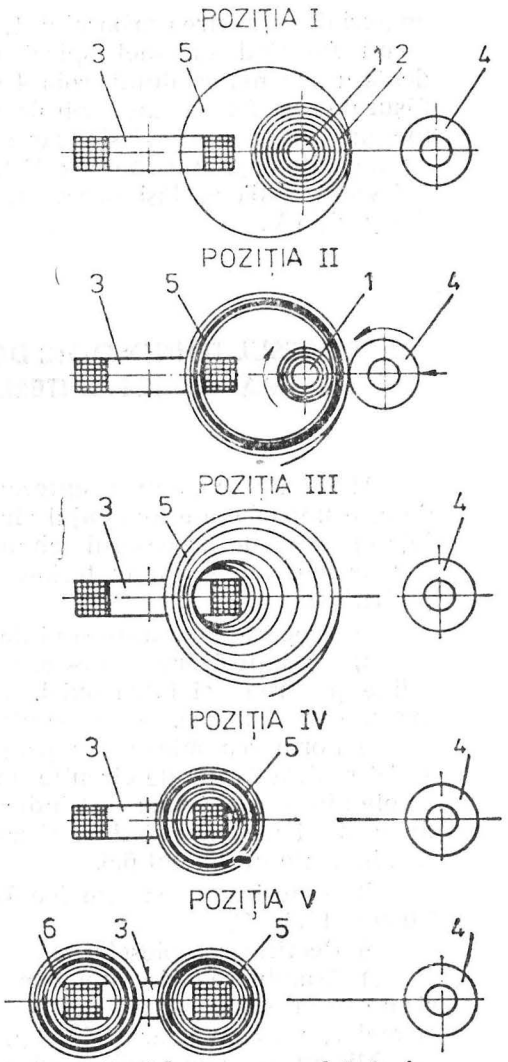


Fig. 6.19. Schema procesului de înfășurare a miezului magnetic spiral pe bobină : 1 — arbore motor ; 2 — spirale din tablă înainte de introducere prin bobină ; 3 — bobina ; 4 — rolă ; 5 — spirale din tablă introduse prin bobină ; 6 — al doilea miez magnetic spiralizat.

material. La rotirea arborelui 1, miezul toroidal 2 se desfășoară formînd un inel spiral (poziția II). După terminarea desfășurării materialului, rola 4 se îndepărtează, iar banda înfășurată are forma unei spirale slab răsucită (poziția III). Urmează strîngerea benzii și fixarea capătului exterior prin sudare de miezul magnetic (poziția IV). Al doilea miez magnetic se înfășoară după același procedeu, rezultînd ansamblul toroidal din poziția V.

6.5. PROCESUL TEHNOLOGIC DE FABRICARE AL MIEZURILOR MAGNETICE SINTERIZATE DIN PULBERI

Miezurile magnetice sinterizate din pulberi prezintă față de cele împachetate avantajul simplității tehnologice. Principalele operații ale procesului tehnologic de confecționare al miezurilor magnetice din materiale metalo-ceramice presate din pulberi sînt :

a) Prepararea amestecului de pulberi în proporția necesară.

b) Presinterizarea amestecului, adică formbarea soluțiilor solide și a reacției între oxizi. Operația de presinterizare se execută în cuptoare, la temperaturi între 900 și 1 000 °C.

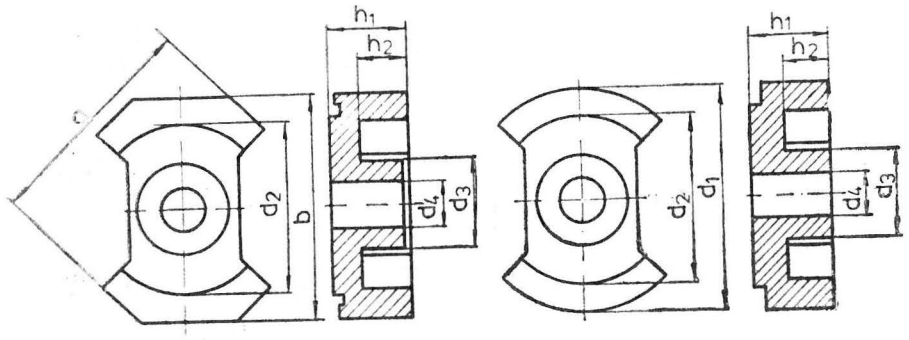
c) Formarea miezurilor prin presare în matriță. Se pot astfel realiza forme de circuite magnetice din cele mai diferite. Unele din aceste forme sînt indicate în figura 6.20. Principalele dimensiuni ale cîtorva din miezurile prezentate în figura 6.20 sînt indicate în tabelul 6.6.

d) Sinterizarea ce are loc la temperaturi cuprinse între 1 050 și 1 320 °C.

e) Rectificarea pieselor sinterizate.

f) Asamblarea circuitelor magnetice ale miezurilor sinterizate se face prin introducerea bobinelor și fixarea cu ajutorul clemelor, așa cum se arată în figura 6.3.

Miezurile magnetodielectrice se obțin de cele mai multe ori din pulbere din fier carbonil sau din alsifier, în cazul miezurilor magnetice moi, sau din aliaje cu forță coercitivă mare de tipul : alni, alnico, alnisi, în cazul miezurilor magnetice dure. Tehnologia comportă următoarele operații principale : prepararea amestecului de pulbere, formarea miezului, tratament termic și impregnare.



a b.

Fig. 6.20. Forme și elemente geometrice de miezuri magnetice sinterizate.

Tabelul 6.6

Unele dimensiuni ale miezurilor din figura 6.20

Tipul miezului	a_{max} mm	b_{max} mm	d_{1max} mm	d_{2min} mm	d_{3max} mm	d_{4min} mm	h_{1max} mm	h_{2min} mm
Figura 6.20 a	19,7	23,2	—	17	8,55	4,4	8,25	5,4
	24,7	28,5	—	21,2	10,9	5,4	9,35	6,2
	34,8	42,2	—	29	15	5,4	14,5	10,4
Figura 6.20 b	—	—	50	39	20	5,4	14,8	9,5
	—	—	62	48,8	25,5	5,4	18,8	12,1
	—	—	70	57,5	29,5	8,5	21	14,2
	—	—	87	67,1	31,9	8,5	35	24

La prepararea masei are loc înglobarea grăunțelor magnetice cu un liant dielectric sau organic, termoreactiv, cum ar fi lacul de bachelită sau termoplastic, cum ar fi polistirenul.

Formarea miezurilor se face prin presare. Pentru a se asigura o densitate uniformă în direcția presării, construcția sculei trebuie să permită presarea simultană, bilaterală, a miezului (figura 6.21). Aceasta se realizează cu prese de construcție specială.

Tratamentul termic urmărește, după caz, polimerizarea liantului, stabilizarea proprietăților electromagnetice și înlăturarea efectelor ecruisării metalului în urma presării.

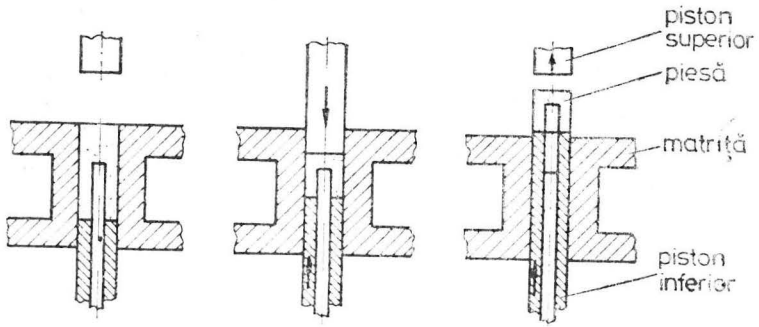


Fig. 6.21. Fazele formării miezurilor din pulberi în matrițe, prin presare bilaterală.

7. SIGURANȚE FUZIBILE DE JOASĂ TENSIUNE. CARACTERISTICI TEHNOLOGICE ALE ELEMENTULUI ÎNLOCUITOR

7.1. GENERALITĂȚI ȘI MATERIALE UTILIZATE

Siguranțele fuzibile reprezintă cel mai simplu și totodată cel mai vechi aparat cu deconectare automată, care protejează instalațiile electrice împotriva efectelor termice și dinamice produse de curenții de suprasarcină și de curenții de scurtcircuit.

Constructiv, siguranțele încorporează un element de protecție, fuzibilul, format din unul sau mai multe fire sau lamele conductoare în paralel, care se montează în serie cu obiectul de protejat. Principiul de funcționare al siguranței se bazează pe topirea elementului calibrat și întreruperea circuitului la depășirea valorii curentului nominal al siguranței, într-un timp cu atît mai scurt cu cît valoarea relativă a supracurentului față de curentul nominal este mai mare. După felul acționării în caz de supracurent, ilustrat prin caracteristicile de protecție $t=f(I)$, deosebim (figura 7.1) siguranțe cu caracteristică de protecție lente (1), rapide (2) sau ultrarapide (3). Aceste caracteristici de protecție numite și caracteristici de fuziune pot fi date și tabelar, în funcție de valorile curentului de încercare. Astfel, ca exemplu în tabelul 7.1 se indică caracteristicile de fuziune ale siguranței fuzibile L 17 utilizată în protecția circuitelor de curent continuu, la tensiune nominală de 12 V, siguranță construită dintr-un tub de sticlă cu capace metalice, între care este fixat firul fuzibil din cupru sau argint.

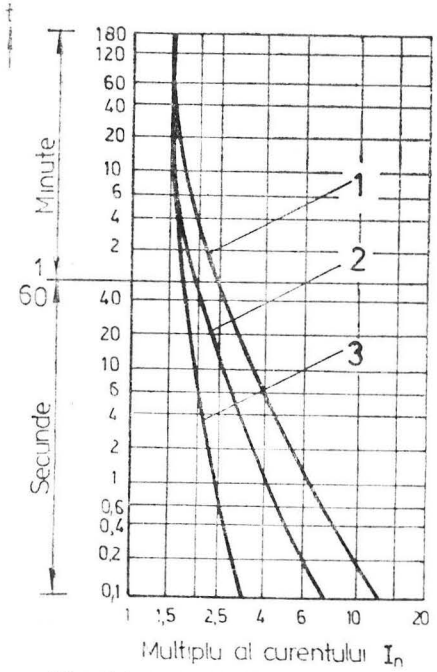


Fig. 7.1. Tipuri de caracteristici de protecție ale siguranțelor fuzibile : 1 — lente ; 2 — rapide ; 3 — ultrarapide.

Din punct de vedere constructiv, elementul înlocuitor poate fi pentru :

— capacitate mică de rupere, funcționînd la tensiuni reduse, exemplu : L 17 pentru 1—4 A ;

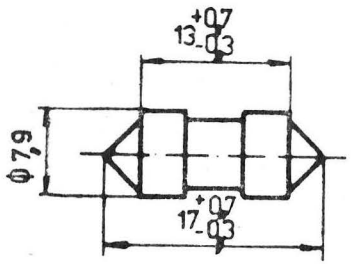
— capacitate de rupere medie, exemplu : LF, LS, LFi, LFiT, pentru 2—100 A ;

— mare capacitate de rupere, exemplu : MPR pentru 100—630 A.

Siguranțele înlocuiesc întreruptoarele, pentru curenți nominali mai mici ca 630 A, în toate locurile unde nu este necesară reconectarea automată a elementului protejat, mai ales în rețelele industriale de joasă tensiune, datorită timpilor foarte scurți de acționare și datorită limitării curentului de scurtcircuit, înaintea atingerii valorii sale de vîrf.

Tabelul 7.1

Caracteristici de fuziune pentru siguranța fuzibilă L 17



Curentul nominal I_n, A	Curentul de încercare, A	
	Timpul de topire mai mare de 20 s	Timpul de topire mai mic de 10 s
1	1,5	2—2,3
1,5	2,3	3—3,5
2	3	4—4,6
3	4,5	6,1—6,9
4	6	8,3—9,2

— punctul de topire să fie cît mai coborît. După temperaturile de topire se poate da următorul șir : Ni-1 460 °C ; Cu-1 083 °C ; Ag-960 °C ; Al-658 °C ; Zn-419 °C ; Pb-327 °C ; Sn-231 °C ;

— temperatura în funcționare să fie cît mai redusă, pentru ca consumul propriu al fuzibilului să nu fie prea mare ;

— masa de material să fie mică, pentru ca timpul de acționare să fie redus ;

— să fie suficient de dur ;

— pentru ca stingerea arcului să se facă ușor, temperatura de ionizare a vaporilor metalici să fie cît mai ridicată. În ordine descrescătoare, după temperaturile de ionizare, există următoarea clasificare : W, Zn, Cd, Ag, Cu, Pb, Mg, Ni, Sn, Al ;

— să aibă un preț de cost redus.

Întrucît nici unul din materialele utilizate nu poate îndeplini aceste condiții, în cele ce urmează se prezintă domeniile și motivele utilizării unuia sau altuia dintre ele.

Argintul este utilizat pentru construcția elementului fuzibil, deși are punct de topire și cost ridicat, la valori reduse ale curentului și pentru tensiuni reduse deoarece se trefilează usor, este aproape inoxidabil și degajă vapori puțini la temperatura de topire.

Cuprul este cel mai răspîndit material folosit pentru construcția elementului fuzibil. Pentru valori mari ale curenților nominali, lamelele fuzibile din cupru se argintează prin depunere electrolitică pentru evitarea oxidării lui.

Plumbul avînd masă mare și fiind moale, cu toate că are punct de topire scăzut, se utilizează numai la realizarea elementului fuzibil al siguranțelor de tensiune redusă, continuă, de exemplu, la tipul CL 25 (figura 7.2). La acesta, lamela de plumb ce prezintă în zona centrală un istm, se presează pe extremitățile suportului ceramic, asigurînd prin aceasta posibilitatea înserierii în circuit și protejînd circuitul în caz de supracurent, prin topirea materialului în zona istmului.

Zincul are o utilizare redusă ca element fuzibil, avînd rezistivitate și masă necesară mare, în raport cu cupru și argintul.

Aluminiul nu are o utilizare răspîndită în construcția fuzibilelor, deoarece formează oxizi solizi la temperatura de topire, care este ridicată, iar temperatura de ionizare este scăzută.

Funcționarea la scurtcircuit a siguranțelor rapide și ultrarapide este condiționată de prezența în banda calibrată a unor

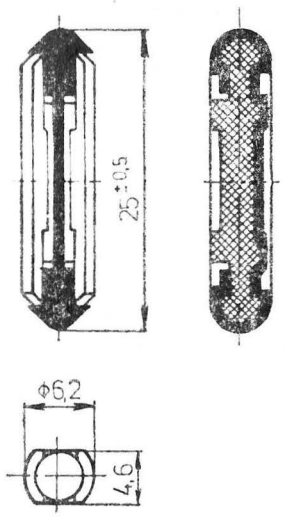


Fig. 7.2. Siguranță fuzibilă cu elementul fuzibil din plumb tip CL 25, 12 V c.c.

zone strangulate, în care densitatea de curent este mărită și care inițiază apariția arcului electric.

Arcul electric se stinge datorită acțiunii deionizante a mediului în care este plasat elementul fuzibil, obișnuit nisip cuarțos, STAS 5923-76, cu o granulație de 0,3±0,1 mm având un conținut minim de bioxid de siliciu de 99% și impurități care conțin fier sub 0,05%. Un conținut mai mare de impurități ar mări mult dimensiunile omizii de fuziune, contribuind la menținerea arcului în siguranță și anulează efectul limitativ al funcționării ei. Reducerea impurităților metalice din mediul de stingere al arcului electric se realizează prin spălarea acidă a nisipului. Pentru a avea un efect limitativ pronunțat se impune ca siguranța fuzibilă să nu necesite o energie prea mare pentru topirea ansamblului fuzibil. Aceasta se obține prin folosirea a două pînă la 6 benzi în paralel, în care se practică un număr de orificii calibrate (obișnuit 4 pînă la 7 dacă benzile au formă de sită), care creează zonele strangulate.

În tabelul 7.2 se indică pentru elemente înlocuitoare rapide și lente, căderile de tensiune maxime la curentul nominal, pentru gama de curenți între 2 și 63 A.

Tabelul 7.2

Căderi de tensiune maxim admisibile pentru fuzibile din gama 2— 63 A

Curentul nominal A	Căderea de tensiune, mV	
	Elemente fuzibile rapide	Elemente fuzibile lente
2	3 500	1 700
4	1 700	850
6	1 100	550
10	750	400
16	625	320
20	575	300
25	525	275
35	475	260
50	410	250
63	390	225

Funcționarea la suprasarcină a siguranței fuzibile se bazează pe efectul metalurgic dat de o pasilă de aliaj eutectic, cca 60% Sn și 40% Pb, care topindu-se la temperaturi în jur de 200 °C duce la dizolvarea materialului din care este confecționată banda fuzibilă, inițiind arcul electric.

Curentul de fuziune al elementelor de înlocuire trebuie să corespundă atît duratelor de fuziune lungi, cît și duratelor scurte. Pentru durate lungi de fuziune, curentul de fuziune pentru seria de elemente fuzibile din tabelul 7.2 este indicat în tabelul 7.3.

Tabelul 7.3

Curenți de fuziune pentru gama de siguranțe fuzibile 2— 63 A

Curentul nominal I_n, A	Cel mai mic curent de încercare	Cel mai mare curent de încercare	Durata de încercare, h
Pînă la 4 inclusiv	1,5 I_n	2,1 I_n	1
De la 6 la 10 inclusiv	1,5 I_n	1,9 I_n	1
De la 16 la 25 inclusiv	1,4 I_n	1,75 I_n	1
De la 35 la 63 inclusiv	1,3 I_n	1,6 I_n	2

Elementul fuzibil nu trebuie să se topească la trecerea celui mai mic curent de încercare și trebuie să se topească la trecerea celui mai mare curent de încercare, în intervalul de timp indicat în tabelul 7.3.

Duratele de fuziune scurte pentru curentul de încercare de 7 I_n pentru aceeași serie de elemente înlocuitoare, ca mai sus, se dau în tabelul 7.4.

Tabelul 7.4

Durate de fuziune maxim admisibile pentru 7 I_n

Curent nominal I_n, A	Durata de fuziune s	Observații
Pînă la 4 inclusiv	0,05	Pentru curenți de încercare corespunzători lui 7 I_n
De la 6 la 10 inclusiv	0,20	
De la 16 la 25 inclusiv	0,25	
De la 35 la 63 inclusiv	0,35	

Elementele de înlocuire trebuie să acționeze sub influența oricărui curent cuprins între curentul lor minim de fuzime și capacitatea nominală de rupere, fără a deteriora siguranța sau fără a periclita instalațiile protejate de aceasta.

Curenții de scurtcircuit prezumat corespunzător încercării elementelor înlocuitoare ale siguranțelor fuzibile din gama de siguranțe rapide, exemplificată anterior, sînt dați în tabelul 7.5.

Tabelul 7.5

Curenții de scurteircuit prezumați pentru gama de curenți 2-63 A

Curentul nominal I_n, A	Curentul de scurtcircuit prezumat	
	Curent alternativ A	Curent continuu A
2 și 4	250	375
6 și 10	500	750
16 și 20	1 000	1 500
25	2 000	2 500
35	2 500	3 000
50	3 500	4 000
63	4 500	5 000

7.2. TEHNOLOGIA REALIZĂRII ELEMENTELOR ÎNLOCUITOARE CU FUZIBILE LAMELARE

Obișnuit, fuzibilele în formă de bandă se obțin prin ștanțare perpendicular pe direcția de laminare din cupru electrolitic Cu E STAS 270/1-74. Pentru a evita oxidarea accentuată a benzii în porțiunile strangulate datorită temperaturii ridicate, aceasta se acoperă cu un strat protector din argint prin galvanizare. Grosimea stratului de argint depus este de minim 10 μm. Pentru funcționare în medii tropicale, fuzibilele lamelare trebuie confecționate din bandă de argint cu grosimi corespunzătoare curentului nominal.

Datorită faptului că abateri de ordinul zecimilor de milimetri, în ceea ce privește grosimea și lățimea benzii sau a dimensiunii orificiilor practicate, conduc la modificări importante ale caracteristicilor de funcționare, la suprasarcină cît și

la scurtcircuit ale siguranțelor fuzibile, toleranțele dimensiunilor elementului lamelar fuzibile sînt foarte reduse și trebuie respectate cu strictețe. Aceasta impune asigurarea execuției cu toleranțe corespunzătoare claselor 4—6 de precizie, atît a matriței cît și a poansonului conjugat.

Poansoanele nu admit o abatere mai mare de 0,01 mm de la diametrele găurilor din placa activă și aceasta pe toată lungimea de lucru care este de 2,5—3 cm.

Nu se admit, de asemenea, erori de unghi la fețele plăcii active cît și a celei de limitare avans a matriței, acestea trebuind să fie strict paralele, iar muchiile să fie riguros perpendiculare. Placa de limitare a avansului, care determină tăierea benzii la lățimea prescrisă se solidarizează cu placa activă și se rectifică, apoi, împreună. Verificarea periodică a uzurii sculei tăietoare, pentru a nu se ieși din cîmpul de toleranță dat, trebuie de asemenea prevăzută. O verificare eficientă se poate face prin ridicarea periodică, prin prelevare din producția curentă, a unui punct din caracteristica de protecție, prin încercarea unui număr de elemente calibrate la aceleași condiții de supracurent. Prelucrarea statistică a timpilor de funcționare astfel rezultați permite să se constate tendința de ieșire dintre limite a caracteristicii de protecție, putîndu-se lua măsuri operative pentru readucerea procesului tehnologic între limitele normale.

Pentru obținerea zonelor de strangulare, în banda din care se construiește fuzibilul se pot practica orificii circulare, patrulatere sau poligonale pe unul sau mai multe rînduri, după cum se indică în figura 7.3.

Un exemplu de element fuzibil cu funcționare rapidă de 63 A cu orificii circulare este prezentat în figura 7.4.

În figura de mai sus, între primele două orificii practicate în bandă, pe toată lățimea ei, prin presarea pe aceasta și umplerea adînciturii astfel obținute cu o pastilă de aliaj eutectic Pb-Sn încălzit în apropierea temperaturii lui de topire, se prezintă realizarea părții elementului fuzibil care asigură funcționarea lui la suprasarcină.

Determinarea locului de plasare a pastilei de aliaj eutectic în lungul lamelei fuzibile, pentru a asigura o funcționare eficientă și conform normelor prescrise în cazul suprasarcinilor este o problemă importantă și care se poate rezolva fie analitic, fie experimental. Nici una din metode nu este însă ușor de aplicat, deoarece calculul distribuției temperaturii benzii în funcție de lungimea ei nu oferă rezultate exacte datorită faptu-

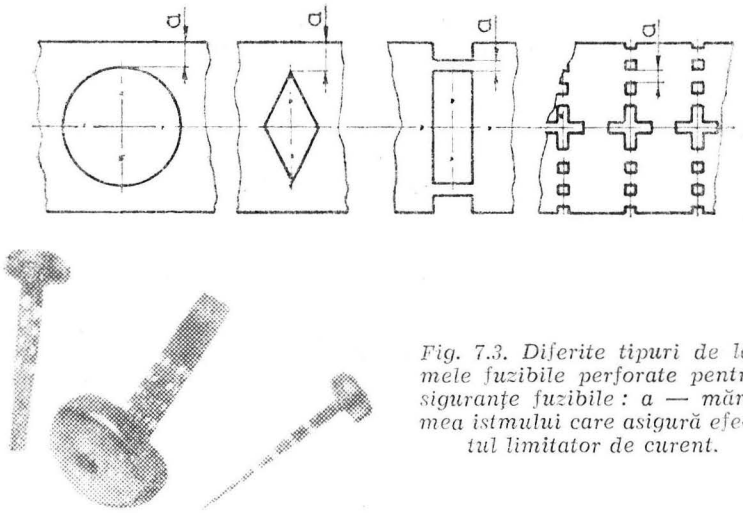


Fig. 7.3. Diferite tipuri de lamele fuzibile perforate pentru siguranțe fuzibile : a — mărimea istmului care asigură efectul limitator de curent.

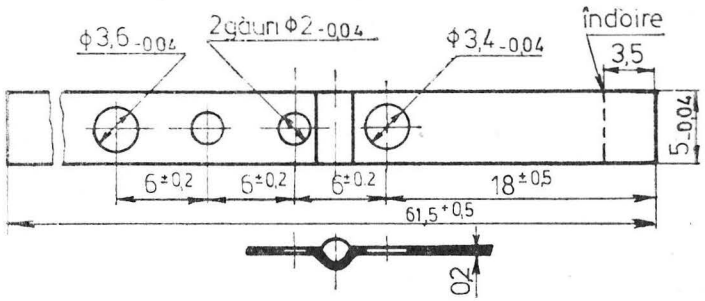


Fig. 7.4. Exemplu de element fuzibil, pentru caracteristică de protecție rapidă, avînd curentul nominal de 63 A.

lui că valoarea transmisivității termice și variația ei în lungul benzii nu e cunoscută decît aproximativ, iar metoda experimentală e laborioasă, necesitînd o gamă mare de benzi cu diferite amplasamente a pastilei de aliaj eutectic Pb-Sn.

O metodă expeditivă, și cu aproximație suficientă de determinare a repartiției temperaturii funcție de lungimea benzii fuzibile pe cale experimentală, constă în acoperirea unui set de 10—15 benzi cu cîte un strat de aliaje ușor flexibile, ca, de exemplu, Pb-Sn, care în funcție de proporția elementelor în aliaj are temperaturi diferite de topire. Conectînd apoi elemen-

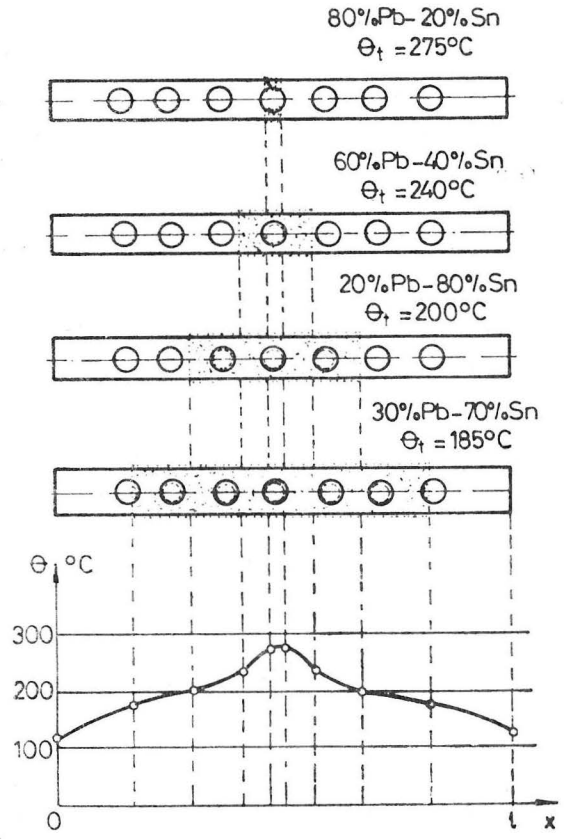


Fig. 7.5. Determinarea experimentală a repartiției temperaturii în lungul unui fuzibil lamelar.

tele fuzibile astfel tratate și asamblate în fază finală la un circuit de încercare, se mențin la valoarea curentului nominal cîteva minute pînă ajung în starea corespunzătoare regimului staționar, după care se scot benzile și se măsoară lungimea stratului de nisip lipit de bandă datorită topirii aliajului de acoperire. Reprezentînd grafic lungimile măsurate în funcție de temperaturile de topire specifice aliajelor aplicate, ca în figura 7.5, se obține repartiția temperaturii în lungul fuzibilului la curentul nominal, pe baza căreia putem poziționa locul de apli-

care a pastilei eutectice, care să asigure funcționarea la suprasarcină și să permită totodată funcționarea nelimitată la curentul nominal.

Temperatura la capete se măsoară din exterior, obișnuit cu termocuple. Introducerea lor în interiorul corpului fuzibil ar modifica simțitor distribuția cîmpului termic, deci implicit și temperatura benzii fuzibile.

Fixarea fuzibilului de capacul superior pentru construcția din figura 7.4 se face prin unul sau mai multe locuri de fixare, obținute prin sudură electrică prin puncte, îndoind în prealabil banda fuzibilă pe porțiunea de 3,5 mm (vezi figura 7.4). Pentru a nu se arde banda fuzibilă la operația de fixare, diametrul vîrfului electrodului instalației de sudură ce vine în contact cu aceasta trebuie să fie mai mic decît cel care apasă asupra capacului superior.

Legătura fuzibilului cu capacul inferior al elementului înlocuitor se face prin strîngere între suprafața interioară a acestei piese și suprafața exterioară conică a extremității corpului ceramic pe care se montează aceasta. Din acest motiv, lungimea fuzibilului se stabilește astfel ca să fie mai mare decît distanța dintre capace, dar prin îndoire și strîngere să nu depășească marginea capacului inferior.

În figura 7.6 se prezintă ansamblul elementului înlocuitor al siguranței fuzibile rapide de 63 A, 380 V c.a.

Față de cota de 49^{+2} cît este lungimea elementului înlocuitor, lungimea fuzibilului este de $61{,}5^{+0{,}5}$ din motivul arătat anterior.

Semnalizarea funcționării elementului fuzibil se realizează obișnuit cu un fir de semnalizare din alamă (exemplu, CuZn 37, STAS 95—75) sub formă de sîrmă cu diametrul de 0,07—0,2 mm, de care e prins prin presare o plăcuță de semnalizare, obișnuit confecționată din plumb (exemplu, Pbt — STAS 663-71) și care se introduce prin orificiul central al capacului superior ilustrat în schița din figura 7.7.

Firul de semnalizare este tensionat prin comprimarea unui resort spiral din sîrmă de alamă, $\varnothing = 0{,}1$—$0{,}2$ mm, plasat pe fir între plăcuța de semnalizare și suprafața exterioară a capacului superior, în adîncitura special practicată.

Fixarea firului de semnalizare se face similar cu a benzii fuzibile la partea inferioară a elementului înlocuitor, fiind presat între capacul inferior 1 și corpul ceramic 3 din figura 7.6. Topirea elementului fuzibil 2 în figura 7.6 este semnalizat de indicatorul de fuziune 7, care este îndepărtat de către arcul

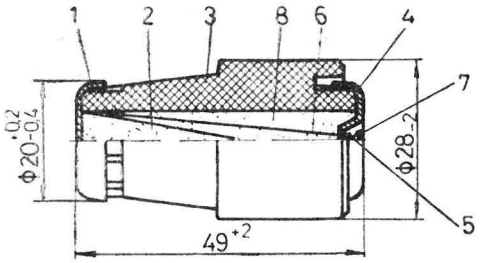


Fig. 7.6. Elementul înlocuitor al unei siguranțe fuzibile rapide pentru 63 A și 380 V, 50 Hz: 1 — capacul inferior; 2 — fuzibil lamelar (vezi fig. 7.4); 3 — corp ceramic; 4 — capacul superior; 5 — resort spiral; 6 — fir de semnalizare; 7 — plăcuța de semnalizare; 8 — mediu de stingere (nisip).

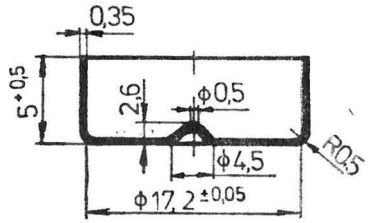


Fig. 7.7. Capac superior al unui element înlocuitor fuzibil.

spiral 5 prin fuziunea firului de semnalizare 6, care nu poate suporta curentul din circuit. Valorile curenților nominali ale elementelor înlocuitoare sînt marcate prin poansonare pe partea exterioară a capacului superior, însă pentru anumite tipuri de siguranțe (de exemplu, la cele pe care s-a făcut exemplificarea) și culoarea semnalizatorului (în concordanță cu STAS 452/4-73) indică valoarea curentului.

Capacele metalice, superior și inferior, între care se înseriază elementul fuzibil, așa cum s-a indicat mai sus, se confecționează din cupru sau aliaj în care conținutul de cupru în funcție de grosimea capacelor trebuie să fie mai mare de 48%. Pentru funcționare în condiții climatice tropicale, aceste piese trebuie protejate contra acțiunii mediului înconjurător prin argintare sau nichelare. Operațiile procesului tehnologic de realizare ale capacelor inferior și superior, pentru o anumită variantă, cuprind :

— tăierea în benzi a tabelei de alamă (exemplu CuZn-37,1/2t STAS 290-73) avînd grosimea între 0,35—1 mm ;

— stanțarea și ambutisarea lor la prese mecanice de 1—6 tf ;

— poansonarea și marcarea capacului superior la un dispozitiv adecvat ;

— pasivizarea capacelor gata confecționate, obișnuit în băi chimice rotative, conținînd, de exemplu, soluții de bicromat de sodiu și acid sulfuric.

Asamblarea capacelor metalice pe corpul de ceramică se face prin presare ținînd cont de dimensiunile conjugate ale acestora (figurile 7.7 și 7.8) după fixarea elementului fuzibil, introducerea firului de semnalizare cu resortul și plăcuța de semnalizare montată și după ce s-a introdus nisipul de cuarț și s-a asigurat tasarea acestuia pe un dispozitiv vibrator.

În figura 7.8 se prezintă desenele tehnologice ale capacului inferior și a corpului ceramic pentru elementul înlocuitor din figura 7.6, pe care s-au exemplificat problemele tehnologice specifice. Acestea trebuie puse în legătură și cu desenul din figura 7.7, care indică elementele dimensionale ale capacului superior, ce se introduce prin presare pe extremitatea conică (sau cu nervuri conice) corespunzătoare, a corpului ceramic.

Conicitatea pe care se fixează capacele și toleranțele dimensiunilor extreme trebuie astfel alese încît la proba de cădere a elementului înlocuitor asamblat, pe un postament din lemn, de la o înălțime de 1 m să nu se desprindă sau să permită scurgerea nisipului din interior după efectuarea unui număr de 500 căderi, dacă înălțimea capacului e mai mică sau egală cu 5 mm, sau 1 000 de căderi în celelalte cazuri.

Pentru a nu solicita exagerat, din punct de vedere termic, corpul de porțelan la funcționarea de durată, cînd temperatura elementului fuzibil ajunge la cîteva sute de grade Celsius, se recomandă plasarea benzii în diagonala secțiunii golului interior, așa cum se vede și din figura 7.6. O metodă simplă de

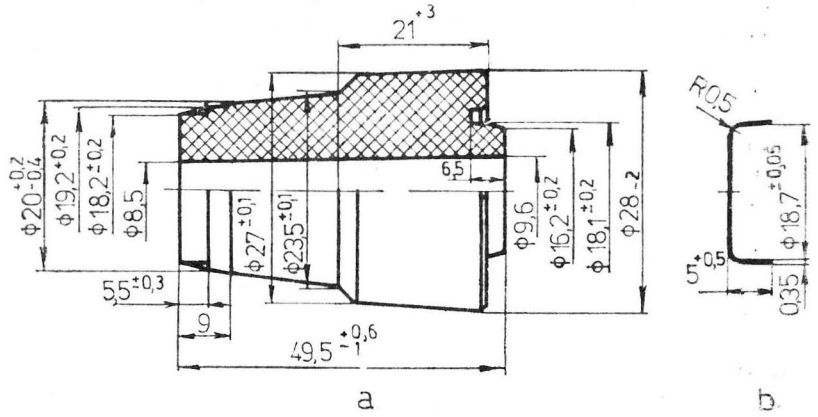


Fig. 7.8. Părți componente ale unui element înlocuitor de siguranță fuzibilă de joasă tensiune : a — corp ceramic ; b — capac inferior.

control, a acestei prescripții, constă în vopsirea extremității (pe o singură față) elementului fuzibil lamelar, care se va îndoi și fixa de capacul superior imediat după decupare și ștanțarea orificiilor astfel încît la montare, dacă se vede suprafața vopsită, rezultă că s-a montat necorespunzător și că de fapt îndoirea și fixarea lamelei fuzibile trebuia făcută pe partea opusă a diametrului aceleași extremități a corpului ceramic.

Prin metoda indicată mai sus se asigură totodată și identificarea extremității elementului fuzibil lamelar, care se fixează prin sudură prin puncte de capacul superior, întrucît din figura 7.4 se vede că numai de la extremitatea care se fixează de acesta sînt date cotele orificilor ștanțate.

După asamblare, elementele înlocuitoare introduse vertical într-o cutie metalică legată la o bornă a sursei de tensiune de 24 V sînt verificate în ceea ce privește continuitatea elementului fuzibil, prin atingerea capacului superior cu un tester, legat în serie cu un bec de semnalizare la cealaltă bornă a sursei de verificare.

În cazul siguranțelor fuzibile de joasă tensiune cu mare putere de rupere (depășind 20—25 kAef), fixarea elementului fuzibil lamelar se face prin sudură prin puncte de plăcile cuțit 1 din figura 7.9, la ambele capete.

Lungimea elementului fuzibil lamelar, la aceste tipuri de siguranțe se ia mai mare decît distanța de fixare dintre plăcile cuțit, pe de-o parte pentru a nu solicita la întindere secțiunile strangulate (istmurile) ca urmare a variabilității normale a procesului tehnologic de fixare a fuzibilului și prin aceasta să modifice caracteristica de protecție a siguranței, iar pe de altă parte încovoierea fuzibilului favorizează stingerea arcului electric de deconectare la acționarea siguranței, datorită efectului forțelor electrodinamice produse de curentul de scurtcircuit. În orice caz, lungimea fuzibilului la care nu se consideră și îndoirea de la capete pentru fixare, trebuie să depășească distanța dintre plăcile cuțit de fixare, cel puțin cu suma toleranțelor de execuție și montaj ale corpului ceramic, ale plăcilor de fixare frontal 2 și ale plăcilor cuțit, din figura 7.9.

Domeniul de utilizare industrială cel mai răspîndit al siguranțelor cu mare putere de rupere este cel al curenților mai mari ca 63 A, deoarece peste aceste valori siguranțele cu filet ating adesea încălziri exagerate, neputîndu-se controla presiunea lor de contact.

Caracteristica de protecție a siguranțelor cu mare putere de rupere fabricate în țară, cu tensiuni de lucru pînă la 660 V c.a.

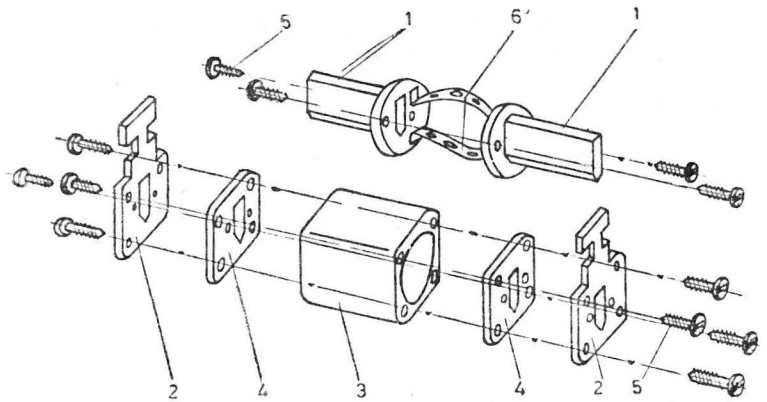


Fig. 7.9. Elementele componente ale unui element înlocuitor (patron) de siguranță fuzibilă de tip JTMPR: 1 — plăci cuțit; 2 — plăci frontale; 3 — corp ceramic; 4 — izolație termică (asbest); 5 — șuruburi de fixare.

și 440 V c.c., iar curenți de pînă la 630 A este o caracteristică lent-rapidă (lentă în domeniul curenților de suprasarcini și rapidă în domeniul curenților de scurtcircuit).

Această caracteristică de protecție timp-curent poate fi indicată în două maniere :

a) caracteristica de topire — care exprimă dependența dintre timpul de la momentul apariției unui curent capabil să topească fuzibilul pînă la momentul în care începe a se forma arcul electric, numit timp de prearc, și valoarea prezumată a curentului de avarie presupus constant.

b) caracteristica de întrerupere (declanșare) — care exprimă dependența dintre durata totală pînă la întrerupere (timpul de prearc plus durata de ardere a arcului electric), în funcție de același curent prezumat.

Pentru domeniul de suprasarcină, timpii de prearc ai elementelor fuzibile cu mare putere de rupere fabricate în țară sînt indicați în tabelul 7.6.

Pentru aprecierea selectivității funcționării siguranțelor cu mare putere de rupere în domeniul curenților de scurtcircuit, fabricile producătoare indică caracteristicile integralelor de topire (prearc) și de întrerupere (totale), $\int I^2t$. În figura 7.10 se indică diagramele acestor caracteristici $\int I^2t$ pentru siguranțele MPR fabricate în R. S. România, la un curent prezumat de 100 kA și o tensiune de 550 V c.a.

Tabelul 7.6

Caracteristica de topire pentru siguranțe MPR

Curent nominal I_n, A	3,15 I_n		6,3 I_n		12,5 I_n	
	t_{min} s	t_{max} s	t_{min} s	t_{max} s	t_{min} s	t_{max} s
4	0,4	40	0,017	1,2	0,0018	0,12
6	0,8	40	0,020	1,5	0,002	0,14
10	1,5	40	0,080	2,0	0,007	0,18
16	1,75	60	0,100	2,2	0,01	0,20
20	2,00	60	0,20	2,2	0,012	0,20
25	2,80	60	0,20	2,2	0,020	0,20
36	3,50	70	0,30	3,0	0,020	0,28
50	4,00	70	0,30	3,1	0,020	0,30
63	6,00	70	0,30	3,5	0,020	0,30
80	7,20	90	0,35	5,5	0,025	0,50
100	8,00	100	0,40	6,8	0,025	0,60
125	10,00	100	0,40	7,0	0,025	0,60
160	14,00	130	0,60	8,0	0,040	0,60
200	15,00	130	0,60	8,0	0,040	0,60
224	17,00	135	0,60	8,0	0,040	0,70
250	18,00	140	0,60	8,0	0,040	0,70
300	19,00	160	0,70	9,0	0,050	0,80
355	20,00	180	0,80	10,0	0,060	0,86
400	20,00	200	0,90	11,0	0,070	0,90
425	22,00	200	0,90	14,0	0,080	1,00
500	25,00	230	1,00	16,0	0,080	1,50
630	30,00	250	1,50	18,0	0,090	1,60

Datorită imposibilității reglării caracteristicii de protecție a siguranțelor fuzibile, în special în domeniul curenților de suprasarcină, se limitează utilizarea acestora [13, 14] la curenți nominali de 630 A, pentru valori mai mari folosindu-se întreruptoare automate.

Pentru protecția corpului ceramic al elementelor înlocuitoare cu mare putere de rupere, față de solicitările termice ale curentului de suprasarcină, pe suprafața interioară a acestuia se poate introduce un ecran reflectorizant (din folie de cupru sau aluminiu de cca 0,1 mm grosime), peste care se plasează o placă, de cca 0,5 mm grosime, de azbest. Calitățile cerute nisipului de umplere sînt aceleași ca și la elementele înlocuitoare ale celorlalte siguranțe cu putere de rupere medie, puritatea acestuia trebuind să fie cît mai ridicată.

Piesele metalice executate din cupru sau aliaje ale acestuia, cu conductivități ridicate, trebuie acoperite electrochimic prin

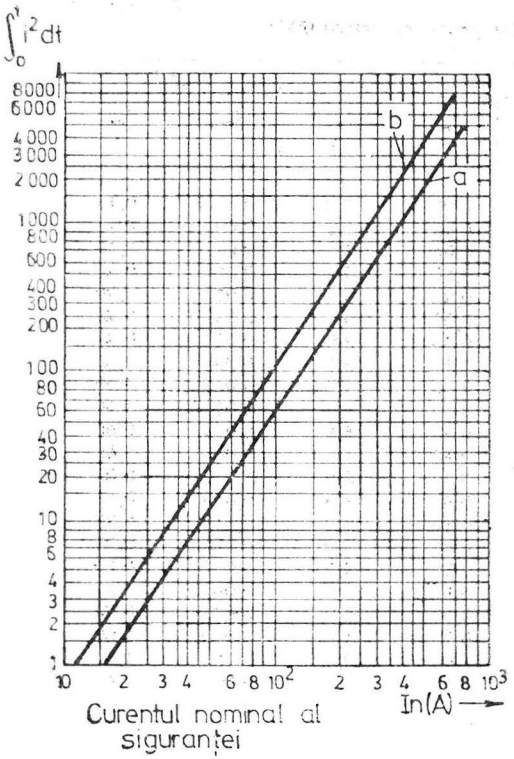


Fig. 7.10. Caracteristicile $\int I^2t$ pentru siguranțele fuzibile JTMPR: a — integrala de topire (prearc); b — integrala de declanșare.

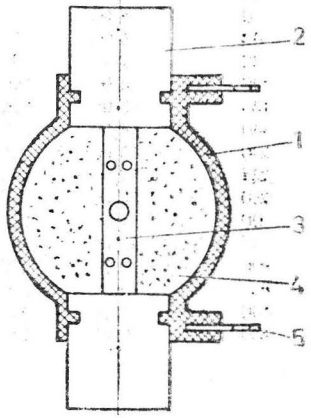


Fig. 7.11. Element înlocuitor al unei siguranțe fuzibile tip MPR cu carcasa din rășini epoxidice: 1 — carcasa elementului înlocuitor; 2 — cuțite de contact; 3 — lamela fuzibilă; 4 — nisip de cuarț; 5 — piese pentru prinderea mînerului.

argintare, în funcție de condițiile de funcționare, cu respectarea prevederilor din STAS 6705-71 și STAS 7222—74.

Înlocuirea corpului ceramic din porțelan al elementului înlocuitor al siguranțelor cu mare putere de rupere cu carcase din rășini epoxidice [18] permite, pe lîngă simplificările constructive și o îmbunătățire importantă a calităților funcționale ale acestora. O asemenea construcție compactă se compune, după cum se indică în figura 7.11, din carcasa de rășină epoxidică, 1,

cuțitele de contact 2, lamela fuzibilă 3, nisipul de cuarț 4 și piesele pentru prinderea mînerului 5, acesta din urmă putînd fi tot din rășină epoxidică.

Tehnologia de execuție a acestui tip de siguranță este suficient de simplă, deoarece nisipul de cuarț se fixează în jurul lamelei fuzibile cu ajutorul unui liant, astfel că formează chiar miezul în jurul căruia se toarnă rășina. Puterea de rupere a unei siguranțe cu carcasa din rășină epoxidică este mai mare decît a unei siguranțe echivalente cu carcasa din porțelan. Aceasta, deoarece presiunea care apare în procesul de întrerupere a siguranței, care poate fi preluată de o carcasă de rășină epoxidică de formă sferică, cu grosimea pereților, de exemplu, de 5 mm poate atinge 350 bari [29], în timp ce la o siguranță echivalentă, avînd la capete plăci de închidere frontale (flanșe) din oțel de 3 mm grosime, presiunea nu poate depăși 130 bari. De asemenea, încălzirea de durată a siguranțelor în exploatare favorizează comportarea bună a acestora la șoc, deoarece elasticitatea rășinii epoxidice crește cu temperatura.

7.3. TEHNOLOGIA REALIZĂRII ELEMENTELOR ÎNLOCUITOARE CU FUZIBILE FILIFORME

Elementele înlocuitoare ale siguranțelor fuzibile, avînd firul fuzibil de secțiune circulară se utilizează la protecția instalațiilor electrice de joasă tensiune cu valori nominale ale curentului sub 20 A și în care pot apare curenți de scurtcircuit limitați.

Caracteristicile de fuziune ale firelor de secțiune circulară, obișnuit realizate din cupru de calitate Cu 99,97 b sau 99,95 STAS 270/1-74 în formă de fire conform STAS 4130-77, sînt de tip lente.

Curenții de fuziune pentru elementele înlocuitoare ale siguranțelor utilizate în circuite de comandă și automatizare și echipate cu fire din cupru sînt prezentați în tabelul 7.7.

Fixarea firelor fuzibile de elementele înlocuitoare ale siguranțelor de tip mignon, cu capacitate mică de rupere (figura 7.12) și la cele ale siguranțelor cu filet, avînd capacitate medie de rupere (figura 7.13) se face prin presare între capacul superior și cel inferior al corpului ceramic, avînd în vedere necesitatea

Tabelul 7.1

Curenți de fuziune pentru siguranțe fuzibile din circuitele de comandă și automatizare

Curentul nominal al fuzibilului A	Diametrul firului fuzibil Cu E, Ø, mm	Curentul de fuziune A
0,5	0,05	1,3÷1,45
1	0,07	2÷2,3
2	0,1	4÷4,6
5	0,19	10÷11,5
10	0,32	20÷23

plasării lui în diagonala golului interior al corpului ceramic, pentru eficiența stingerii arcului și protejarea anvelopei de solicitări termice, locale, exagerate.

Pentru valori mici ale curenților nominali la elementele înlocuitoare ale siguranțelor cu filet pentru utilizări casnice și industriale, deoarece diametrul gîtului corpului ceramic pe care se fixează capacul inferior este de circa 5 mm, corelat cu diametrul interior al piesei de contact calibrate, între capacul inferior executat obișnuit prin ambutisare din tablă de cupru sau alamă se mai introduce un capac intermediar, ambutisat din același material, însă cu înălțime mai mică decît primul.

Rolul acestui capac intermediar (vezi figura 7.13) este de a asigura un contact electric bun între firul fuzibil subțire și piesa metalică conductoare, evitînd totodată suprasolicitarea termică a peretelui porțiunii inferioare a corpului ceramic de grosime mică, cu care firul fuzibil ajunge în contact în zona de fixare. Totodată, soluția tehnologică amintită anterior evită apariția fisurilor sau a ondulărilor la ambutisarea capacului inferior cu înălțimea aproximativ egală cu dimetrul lui, mărind relativ puțin diametrul exterior al extremității inferioare a elementului înlocuitor asamblat.

Mediul de stingere pentru arcul electric, ce se formează la funcționarea siguranțelor cu fuzibilul filiform este tot nisipul de cuarț cu granulația de 0,3 mm și lipsit de impurități oxidice sau metalice pentru siguranțele cu putere de rupere medie (de exeplu, figura 7.13) și aer sau vid, pentru siguranțele destinate unor puteri de rupere mici (exemplu, figura 7.12 sau cea prezentată în tabelul 7.1). La elementele înlocuitoare avînd mediu de stingere solid, umplerea acestuia trebuie făcută complet și după o uscare prealabilă a nisipului. Pentru evitarea golurilor, la umplere se prevede o tasare a nisipului pe masa vibrantă.

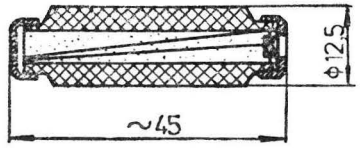


Fig. 7.12. Element înlocuitor al unei siguranțe fuzibile de tip mignon cu capacitate mică de rupere ($I_r \leq 350$ A) cu fuzibil filiform.

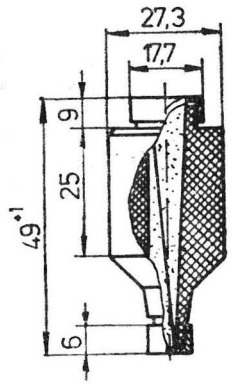


Fig. 7.13. Element înlocuitor al unei siguranțe fuzibile cu fuzibil filiform avînd capacitate de rupere medie ($4\,000$ A$< I_r \leq 8\,000$ A).

Fixarea firelor fuzibile în elementele înlocuitoare ale siguranțelor de mică putere, cu partea izolantă realizată din tuburi de sticlă, se face prin lipire cu aliaj de cositor de capacele ambutisate din cupru acoperit electrochimic prin argintare, nemaifiind necesare plasarea unor fire de semnalizare. La celelalte construcții de elemente înlocuitoare cu fuzibile filiforme, semnalizarea funcționării siguranței se obține prin plasarea unui fir de semnalizare, obișnuit din alamă, în paralel cu firul calibrat și care se topește odată cu acesta, eliberînd pastila de semnalizare din plumb sau aluminiu în momentul arderii fuzibilului. Fixarea și montarea ansamblului de semnalizare este similară cu descrierea de la paragraful 7.2, capătul acestuia, care depășește marginea capacului inferior, fiind retezat printr-un mijloc oarecare.

Atît capacul superior, cît și cel inferior al elementului înlocuitor fuzibil se confecționează din table cu conținut ridicat de cupru, prin ștanțare-ambutisare. Față de ștanțarea capacelor prin operații succesive, din benzi, la care lățimea acestora depășește diametrul semifabricatului din care se execută capacele elementelor înlocuitoare, doar cu lățimea zonei de fixare în

utilaj, după cum se observă din figura 7.14, o utilizare mai bună a tablei, deci deșeuri mai mici, se obțin cu agregate de ștanțare cu capete multiple și plasate după o axă rotită cu 60^0 față de axa longitudinală a benzii, ca în figura 7.15.

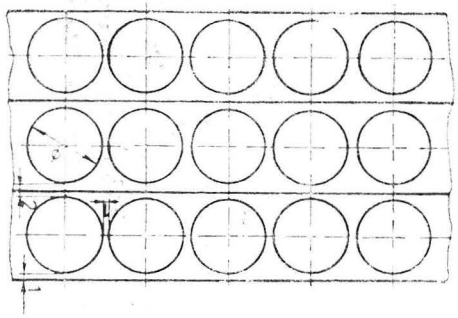


Fig. 7.14. Debitare în fișii și ștanțarea, ambutisarea succesivă a capacelor metalice ale elementului înlocuitor.

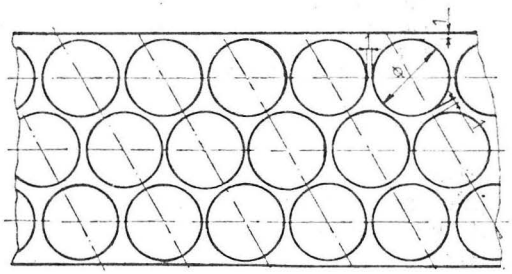


Fig. 7.15. Ștanțarea simultană de capace metalice, pentru elementul înlocuitor cu factor ridicat de utilizare a tablei.

Fabricarea siguranțelor fuzibile ridică probleme tehnologice legate și de corectitudinea asamblării. Astfel, asamblarea capacelor de corpul ceramic al elementeului înlocuitor se poate face cu dispozitive de presat manuale sau mecanice.

Micșorarea efortului, scurtarea timpului de asamblare, precum și respectarea unor forțe de apăsare prestabilite sînt principalele avantaje pe care le prezintă utilizarea presei electromagnetice (fogura 7.16), de exemplu, de tip PE produsă de Electrotimiș Timișoara, la asamblarea părților componente ale elementelor înlocuitoare ale siguranțelor cu putere medie de rupere. Acest utilaj, lucrînd pe principiul electromagnetului, realizează efectul unei lovituri de ciocan avînd forțe de lovire cuprinse între 40—900 daN pentru o cursă a axului port sculă de maxim 70 mm, o durată a pauzei dintre două acționări succesive de cca 8 s și o putere instalată de 400 W, putînd funcționa în ciclu comandat manual sau semiautomat.

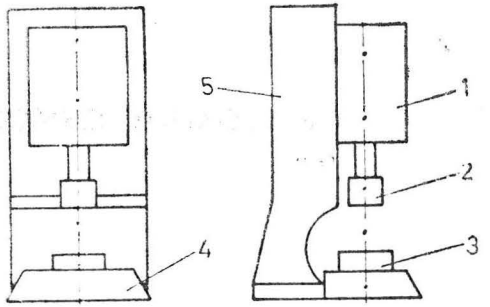


Fig. 7.16. Schema de principiu a unei prese electromagnetice de 900 daN: 1 — electromagnet; 2 — cap de acționare (berbec); 3 — dispozitiv de fixare; 4 — masă de lucru; 5 — șasiu.

Un alt element al tehnologiei execuției acestor siguranțe îl constituie realizarea elementelor componente ale sistemului de semnalizare. În cazul unei producții de serie, o soluție tehnologic avantajoasă o constituie realizarea arcului spiral 5 din figura 7.6 din același material, ca și firul de semnalizare. În acest caz rularea arcului din sîrmă de alamă, tăierea la lungimea prescrisă și introducerea pe firul de semnalizare se poate face pe același utilaj. În continuare, pastilele de semnalizare ștanțate din tablă de plumb sau aluminiu de formă circulară și cu un orificiu central de cca 1 mm diametru sînt introduse pe firul de semnalizare și fixate de acesta prin presare, deformare, realizată manual sau mecanizat.

Introducerea firului de semnalizare prin orificiul central al capacului superior (vezi figura 7.7), cu arcul și pastila de semnalizare montate pe el, prin orificiul superior al corpului elementului înlocuitor, în care se află firul fuzibil cu capătul îndoit în exterior, permite, după fixarea acestuia din urmă prin presare între corpul ceramic și capac, încheierea operației de blocare a subansamblului fir fuzibil și fir de semnalizare la unul din capete. Odată aceste elemente fixate, prin orificiul deschis încă al corpului ceramic se introduce, pe o masă vibrantă, materialul de umplere (nisip de cuarț). Rabatarea firului fuzibil și a celui de semnalizare în parte opusă, față de axa longitudinală, pe extremitatea corpului ceramic astfel ca fuzibilul să ocupe o poziție diagonală în golul elementului înlocuitor, urmată de fixarea prin presare a capacului inferior constituie ultimele operații de asamblare a acestui tip de siguranțe. Acestea pot fi urmate doar de tăierea firelor fuzibile și de semnalizare, dacă au depășit marginea capacului inferior.

8. ELEMENTE TERMOBIMETALICE

8.1. UTILIZAREA TERMOBIMETALELOR ÎN CONSTRUCȚIA APARATELOR ELECTRICE

Termobimetalele, avînd proprietatea de a transforma o variație de temperatură într-o mișcare datorită deformării, au o largă utilizare în construcția aparatelor electrice de diverse tipuri. De asemenea, bazat pe proprietatea de elasticitate a termobimetalelor, prin aplicarea unor forțe de sens contrar deformării se pot obține tensiuni interne proporționale cu variațiile de temperatură. Din punct de vedere tehnic se pot utiliza următoarele funcții ale termobimetalelor : efectul de deformare (curbare) ; efectul de forță datorită tensiunilor interne ; efectul combinat de deformare și forță ; efectul de temporizare la transmiterea unor comenzi ; efectul de compensare a temperaturii mediului ambiant.

Aceste efecte pot fi realizate cu termobimetale de cele mai diferite forme, ca : benzi drepte sau ușor îndoite care se curbează, piese în formă de U la care variază unghiul de deschidere, spirale care se înfășoară sau se desfășoară, discuri a căror curbură variază.

Principalele domenii de utilizare sînt : la întreruptoarele automate, protecția motoarelor electrice, protecția transformatoarelor, relee de timp, regulatoare, termometre, înregistratoare de temperatură, compensatoare de temperatură, indicatoare de nivel pentru lichide etc.

Cînd termobimetalul este încălzit de temperatura mediului în care este situat este de tip termostat, iar cînd este încălzit prin intermediul curentului electric este de tip electrotermic. Termobimetalele din prima categorie pot fi utilizate la măsurarea temperaturilor unui mediu fluid sau lichid, pe baza schimbului de căldură prin conducție, radiație și convecție între mediu și termobimetal. Pentru a putea sesiza și variațiile brusce de temperatură, acest schimb de căldură trebuie intensificat prin utilizarea unor materiale cu conductivitate termică mare, cu suprafață relativ mare și de culori închise. Termobimetalele încălzite prin intermediul curentului electric se pot realiza (figura 8.1) cu încălzire directă, indirectă sau mixtă. În timpul procesului de încălzire are loc un schimb de căldură între termobimetal și mediul ambiant. Cînd cantitatea de căldură produsă de curentul electric devine egală cu cea evacuată se atinge regimul staționar, iar temperatura elementului termobimetalic nu mai variază. Încălzirea indirectă se folosește pentru valori mici ale curentului electric și deoarece între elementul termobimetalic și înfășurare trebuie să se prevadă un strat izolant din fibre de sticlă, mică sau azbociment se îngreunează transmisia căldurii de la înfășurare la termobimetal. Acest fapt conduce la întîrzierea momentului acționării, fiind indicate la construcția releelor de timp. Din acest punct de vedere, încălzirea mixtă este mai favorabilă decît cea indirectă, reducîndu-se întîrzierea acționării.

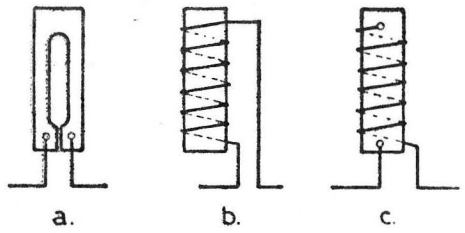


Fig. 8.1. Metode de conectare a termobimetalelor de tip electrotermic : a — încălzire directă; b — încălzire indirectă; c — încălzire mixtă.

8.2. TIPURI CONSTRUCTIVE DE TERMOBIMETALE

Efectele prezentate ale elementelor termobimetalice au o serie de utilizări ce se evidențiază în diferite realizări practice. Astfel, efectul de deformare al termobimetalelor de tip termostat este utilizat pentru construcția aparatelor de măsură a

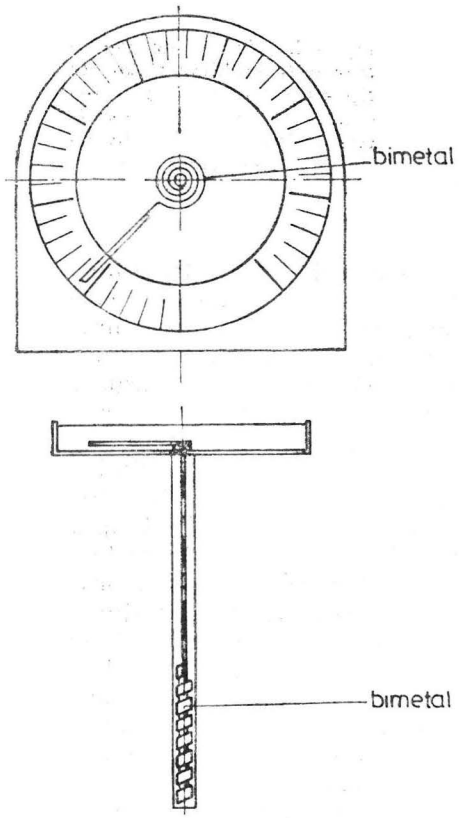


Fig. 8.2. Termometru bimetalic cu spirală.

temperaturilor. Utilizînd termobimetale sub formă de spirală, ce au proprietatea de a produce deplasări mari chiar la diferențe mici de temperatură se obțin termometre cu spirală (figura 8.2). Termobimetalele sub forma de spirală pot fi folosite și pentru reglarea temperaturii unui amestec de fluid (figura 8.3) sau de gaz (figura 8.4), fiind utilizate ca regulatoare de tiraj la cuptoare, clape cu autodeschidere pentru evacuarea gazelor la arzătoarele cu gaz, regulatoare de temperatură pentru păstrarea constantă a temperaturii apei sau a aerului.

Elementele de termobimetal încastrate la un capăt sînt cel mai mult folosite, deoarece se pot ștanța cu ușurință din fîșii. Constructiv, se pot realiza termostate cu elemente termobimetalice fără pretensionare (figura 8.5) sau cu pretensionare (figura 8.6), capabile să deschidă un contact al unui circuit electric dacă temperatura depășește o anumită limită. Este de remarcat faptul că efectul de forță al elementelor termobimetalice are limite naturale, deoarece proporționalitatea dintre forță și diferența de temperatură se menține numai în limita de elasticitate a materialului.

În general, în aplicațiile tehnice se utilizează concomitent sau succesiv, efectul de deformare și de forță al termobimetalelor. Este, de exemplu, posibil (figura 8.7) ca o bandă termobimetalică încastrată să se deplaseze întîi liber, proporțional cu temperatura, apoi să acționeze cu o forță provocînd deschiderea unui contact dintr-un circuit electric. Același efect poate fi folosit pentru comanda a două circuite electrice, cu un contact normal deschis și un contact normal închis (figura 8.8).

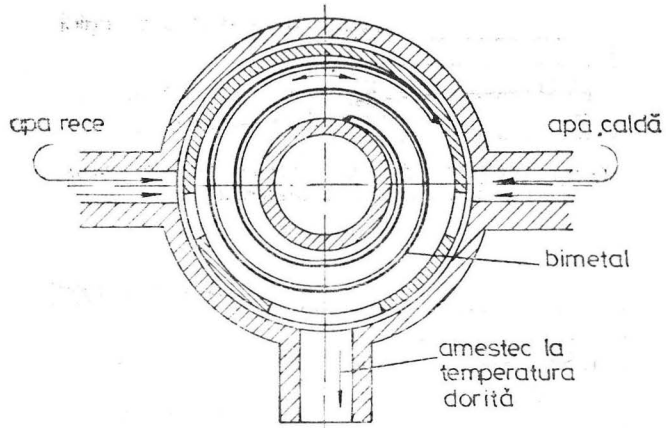


Fig. 8.3. Termostat bimetalic cu spirală pentru un regulator de păstrare constantă a temperaturii apei.

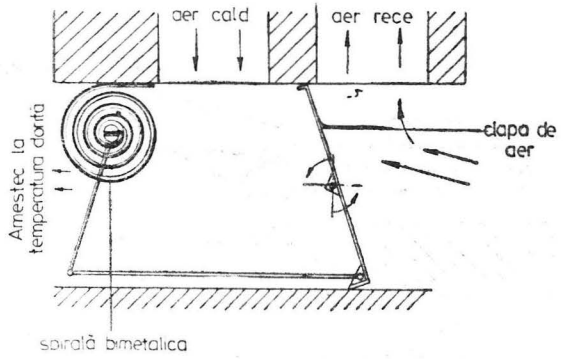


Fig. 8.4. Termostat pentru reglarea temperaturii aerului cald.

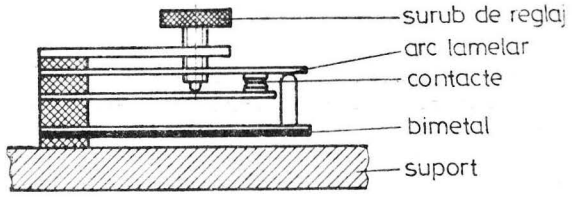


Fig. 8.5. Termostat format dintr-un bimetal încastrat la un capăt, fără pretensionare.

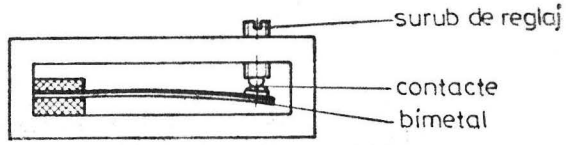


Fig. 8.6. Termostat format dintr-un bimetal încastrat la un capăt, cu pretensionare.

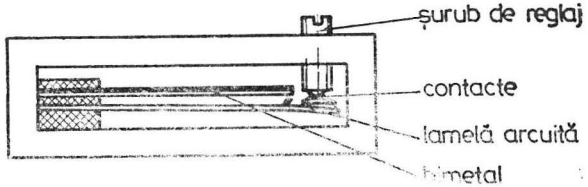


Fig. 8.7. Termostat cu lamele de bimetal utilizînd efectul combinat al deformării și forței.

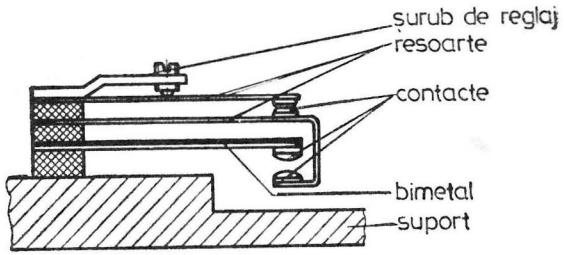


Fig. 8.8. Termostat pentru comanda a două circuite (un contact normal închis și altul normal deschis).

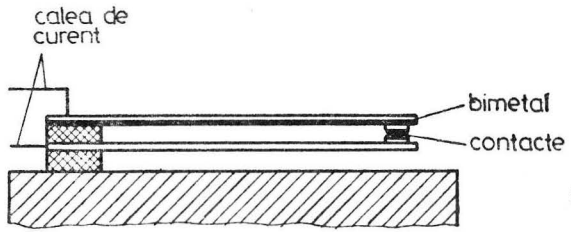


Fig. 8.9. Termobimetal de tip electrotermic, în formă de bandă, cu încălzire directă.

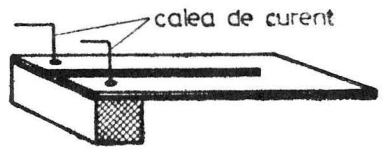


Fig. 8.10. Termobimetal de tip electrotermic, în formă de U, cu încălzire directă.

La termobimetalele de tip electrotermic, la care încălzirea elementului se realizează direct sau indirect prin intermediul curentului electric, se utilizează de regulă elemente termobimetalice încastrate la un capăt în formă de benzi subțiri (figura 8.9) sau în formă de U (figura 8.10). În cazul utilizării unei încălziri indirecte cu ajutorul unei înfășurări parcurse de curent se realizează forme constructive ca în figura 8.11, iar în cazul construcției unui regulator de curent (figura 8.12) se utilizează o încălzire mixtă.

Pentru a se obține un efect în timp (o temporizare a unei acționări), se poate utiliza atît încălzirea, cît și răcirea termobimetalelor. Prin metode constructive se pot realiza temporizări ce pot merge de la cîteva secunde, la cîteva minute la releele de supracurent folosite pentru protecția motoarelor electrice, deoarece dependența de timp este funcție de valoarea curentului,

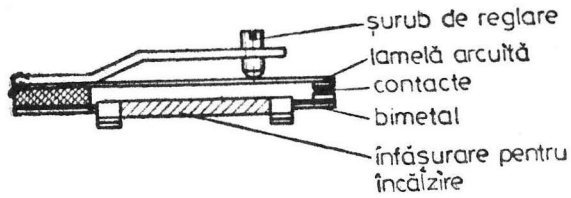


Fig. 8.11. Termobimetal de tip electrotermic, cu încălzire indirectă.

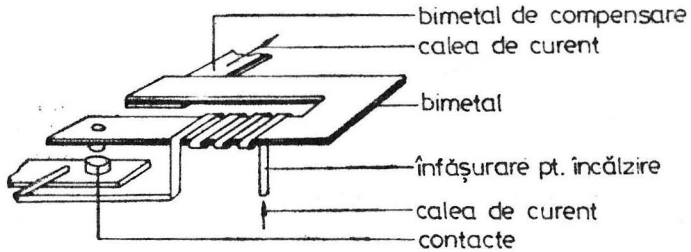


Fig. 8.12. Regulator de curent realizat cu termobimetal cu încălzire mixtă.

în sensul că la curenți mici se obțin timpi mari de acționare și invers, la curenți mari timpi mici de acționare. Astfel, supracurenții ce apar un timp scurt, de exemplu, la pornirea motoarelor asincrone, să nu fie suficienți ca prin încălzirea termobimetalului să producă declanșarea motorului de la rețea. În schimb, la supracurenți de durată se obține o declanșare după un anumit timp, funcție de valoarea curentului. Întreruptoarele echipate cu asemenea relee de protecție termice permit curenți mari de pornire un timp scurt, cît durează procesul de pornire al motorului și protejează bine la suprasarcini de durată.

Elemente termobimetalice alimentate prin impulsuri de curent, datorită încălzirilor și răcirilor succesive ce conduc la închiderea și deschiderea unui contact își găsesc aplicare în construcția starterelor la iluminatul fluorescent, la semnalizatoarele de schimbare a direcției de mers la autovehicule și la diferite aparate electrocasnice.

La multe aparate de măsură, reglare și comandă, variația temperaturii mediului ambiant sau modificarea temperaturii produsă de parcurgerea lor de către curent, deranjează funcționarea, conducînd la erori. De aceea se utilizează termobimetale pentru compensarea temperaturii, așa cum se prezintă în figura 8.13 un ampermetru cu termobimetal de compensare.

Utilizarea termobimetalelor de compensare este indicată în asemenea situații, deoarece sînt simple, robuste și ușor de dimensionat. Termobimetalul de compensare este un termobimetal pasiv (nu este parcurs de curent), avînd spirala înfășurată invers față de termobimetalul activ (parcurs de curent). În acest fel variațiile temperaturii mediului ambiant nu modifică poziția de nul a instrumentului.

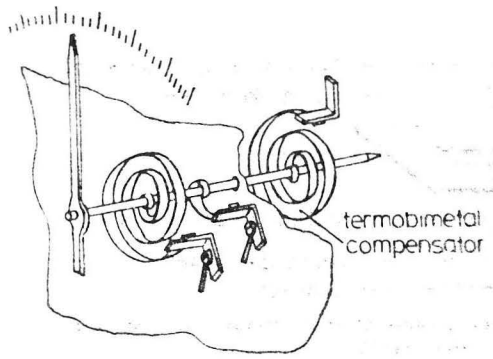


Fig. 8.13. Aparat de măsură cu termobimetal de compensare.

8.3. MATERIALE UTILIZATE PENTRU CONSTRUCȚIA TERMOBIMETALELOR

8.3.1. CONDIȚIILE PE CARE TREBUIE SĂ LE ÎNDEPLINEASCĂ MATERIALELE UTILIZATE

Termobimetalele constau din cel puțin două componente cu coeficienți de dilatare diferiți. Cum la încălzire una din componente se dilată mai puternic ca cealaltă, termobimetalul se încovoaie la încălzire și anume cu atît mai mult cu cît mai mare este diferența dintre coeficienții de dilatare ai ambelor componente. Componenta cu coeficientul de dilatare mai mic constituie componenta pasivă, iar cea cu coeficient de dilatare mai mare — componenta activă.

Alegerea materialelor folosite pentru componentele termobimetalului este determinată deci, în primul rînd, de coeficienții de dilatare și apoi de condițiile diferite în care se va folosi elementul termobimetalic, ca, de exemplu : de temperatură, de modul de încălzire, de mediul înconjurător etc.

Ca materiale pentru termobimetale se pot folosi metale și aliaje care se bucură de următoarele proprietăți :

1. Materialele pentru componentele active ale termobimetalelor să aibe un coeficient de dilatare liniară mare : $\alpha \geqslant 5 \cdot 10^{-6}$ 1/°C, pentru un domeniu cît mai larg de temperaturi.

2. Materialele pentru componentele pasive ale termobimetalelor să aibă un coeficient de dilatare liniară mic : $\alpha \leqslant 5 \cdot 10^{-6}$ 1/°C, pentru un domeniu cît mai larg de temperaturi.

3. Ambele componente să se poată suda împreună în bune condiții și să se deformeze împreună. De aceea, materialele pentru componentele termobimetalelor trebuie să aibă un punct de topire ridicat (>1 000 °C), un modul de elasticitate mare (>100 kN/mm^2), coeficienți mici de temperatură ai modulului de elasticitate și o rezistență mecanică mare, nu mult diferită între cele două componente.

Aceste condiții ar trebui îndeplinite pentru un domeniu de temperaturi de la —100 °C pînă la +500 °C, pentru care majoritatea metalelor și aliajelor se împart în două categorii datorită coeficienților de dilatare diferiți. Metalele și aliajele cu coeficienți de dilatare liniară mari, ca : cupru, cadmiu, plumb,

aluminiu au un punct de topire scăzut și elasticitate și rezistență insuficientă. Metalele și aliajele cu coeficienți de dilatare liniară mici, ca : niobiu, tantal, wolfram și aliajele lor sînt prea scumpe ca materiale pasive pentru termobimetale.

Criteriul cel mai important pentru alegerea componentelor termobimetalului îl reprezintă coeficientul de dilatare. Se știe că o bară de lungime l_0, obține la temperatura θ o lungime

$$l_t = l_0(1+\alpha\Delta\theta), \tag{8.1}$$

$\Delta\theta$ reprezentînd variația temperaturii de la temperatura θ_0 la θ. Astfel se obține coeficientul de dilatare liniară :

$$\alpha = \frac{l_t - l_0}{l_0\Delta\theta} = \frac{\Delta l}{l_0\Delta\theta} = \frac{1}{l_0}\frac{dl}{d\theta}. \tag{8.2}$$

Se face observația că la majoritatea metalelor acest coeficient de dilatare liniară scade cu temperatura. De aceea, legătura liniară dată de relația (8.2) este valabilă numai pentru un domeniu limitat de temperaturi. În cazul utilizării ei pentru un domeniu mai larg de temperaturi se consideră un coeficient de dilatare mediu.

La alegerea materialelor pentru componentele termobimetalelor de tip electrotermic, trebuie examinată și valoarea rezistenței electrice. Pentru elementele de termobimetal, care se încălzesc direct prin trecerea curentului se recomandă utilizarea unor materiale cu rezistivitate cît mai mare ; pentru valori mari ale curentului sînt însă necesare materiale cu rezistență electrică mică. La toate termobimetalele trebuie să se țină seama că rezistivitatea variază mult cu variația temperaturii, conform relației cunoscute

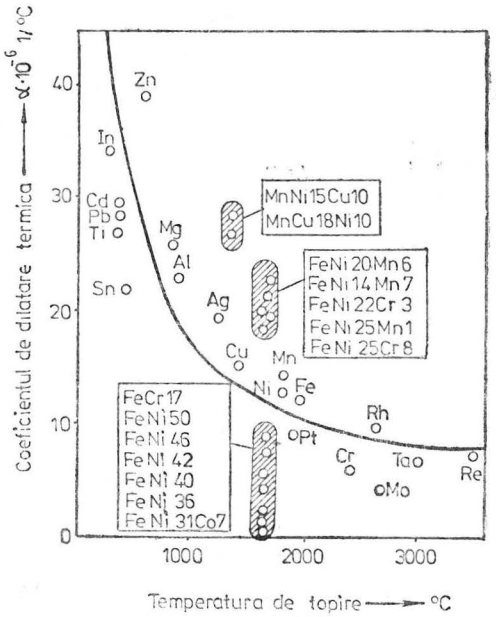
$$\rho_t = \rho_0[1+\beta(\theta-\theta_0)], \tag{8.3}$$

unde :

ρ_t este rezistivitatea la temperatura θ ;
ρ_0 — rezistiviitatea la temperatura θ_0 ;
β — coeficientul de temperatură al rezistenței.

În funcție de felul compoziției materialelor, coeficienții de temperatură β variază între 0,0006 și 0,0045, adică rezistența crește la o variație a temperaturii cu 100 °C între 6% și 45%.

Coeficienții de dilatare ai metalelor și aliajelor sînt, în general, invers proporționali cu temperatura de topire. Această dependență permite o construcție grafică (figura 8.14), la care coeficienții de dilatare ai metalelor și aliajelor sînt reprezentați funcție de temperatura de topire. Se constată că o importantă abatere, la coeficienți mari de dilatare, o au aliajele ce cuprind mangan, cupru și nichel. De asemenea, importante abateri prezintă și aliajele de fier-nichel cu 24—25% nichel și adaos de mangan, crom sau molibden. Aceste materiale, care îndeplinesc și celelalte condiții impuse, se utilizează pe lîngă alte metale și aliaje ca și componente active pentru termobimetale.



8.14. Dependența coeficienților de dilatare funcție de temperatura de topire.

Abateri mari, la coeficienți de dilatare mici, le au unele aliaje de fier-nichel, utilizate frecvent la realizarea componentelor pasive ale termobimetalelor.

Pentru ca elementul termobimetalic să absoarbă o cantitate mare de căldură și deci să se încălzească, este necesar ca materialele să aibe o căldură specifică cît mai mare și o conductivitate termică cît mai mare. De menționat că materialele cu conductivitate termică mare au și conductivitate electrică mare (rezistivitate mică).

8.3.2. PROPRIETĂȚILE ALIAJELOR FIER-NICHEL

Așa cum se constată din figura 8.14, fierul și nichelul au coeficienți de dilatare apropiați (aproximativ $11\cdot10^{-6}\div13\cdot10^{-6}$ 1/°C), dar aliajele lor au coeficienți de dilatare termică foarte diferiți. În figura 8.15 se prezintă curba de variație a coeficienților de dilatare termică pentru aceste aliaje, în funcție de conținutul de nichel. Se constată că aliajul cu 20% nichel are coeficientul de dilatare cel mai mare, de aproximativ $18\cdot10^{-6}$ 1/°C, iar aliajul cu 36% nichel (denumit invar) are coeficientul de dilatare cel mai mic, $1{,}2\cdot10^{-6}$ 1/°C, la temperatura mediului

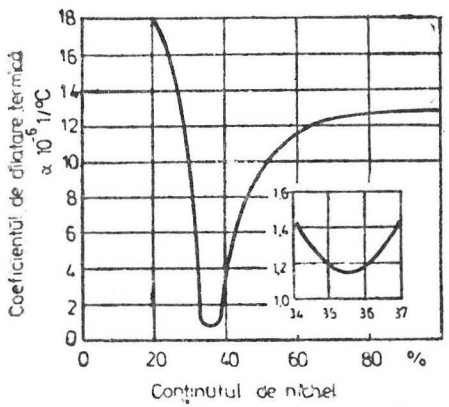


Fig. 8.15. Variația coeficienților de dilatare termică a aliajelor de Fe-Ni în funcție de concentrația de Ni, la 20°C.

ambiant. Cum invarul este un material relativ ieftin, îndeplinind și celelalte condiții impuse, se utilizează frecvent ca element pasiv al termobimetalelor.

Dilatarea diferită a aliajelor fier-nichel se explică prin proprietățile lor magnetice care variază în funcție de temperatură. S-a constatat că unele aliaje pot exista în două stări și anume : magnetică și nemagnetică. La încălzire, temperatura la care se constată dispariția proprietăților magnetice diferă de temperatura la care se constată apariția acestor proprietăți, la răcirea aliajului. Aceste aliaje, cu un conținut de pînă la 26% nichel, se numesc ireversibile. Aliajele cu un conținut mai mare de 26% nichel își pierd și își recapătă proprietățile magnetice pentru aceleași valori ale temperaturii, numindu-se reversibile. Aceste magnetizări și demagnetizări, legate de atingerea și depășirea punctului Curie, conduc la o magnetostricțiune volumică, ceea ce explică obținerea unor coeficienți de dilatare atît de mici.

Pe de altă parte, se constată că coeficienții de dilatare termică, cresc cu creșterea temperaturii, la temperaturi înalte (800°—900 °C) atingînd valori aproape constante, de aproximativ $20 \cdot 10^{-6}$ 1/°C, indiferent de conținutul de nichel. Așa cum rezultă din izotermele din figura 8.16, coeficientul de dilatare termică pentru aliajele fier-nichel cu 36% nichel (invar) este extrem de mic doar la temperatura mediului ambiant. Deja la o creștere cu 100 °C coeficientul de dilatare crește sensibil. De aici rezultă că, la toate termobimetalele cu invar ca element pasiv curbura la temperaturi peste 150 °C este sensibil mai mică decît la temperaturi inferioare acestui prag. Aliajele de fier-nichel cu peste 36% nichel au coeficienți de dilatare mai mari, dar rămîn constanți într-un domeniu mult mai mare de temperaturi. De aceea se preferă drept componente pasive pentru bimetale aliaje de fier-nichel cu 42% și 48% nichel, care pînă la temperaturi de 400 °C au coeficienți de dilatare termică practic constanți și de valori relativ reduse. Acest lucru se evidențiază

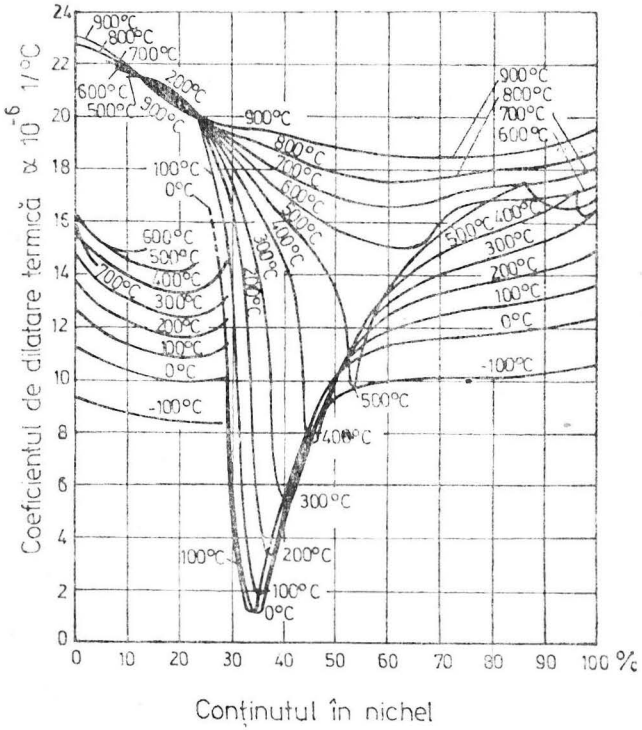


Fig. 8.16. Curbele izoterme ale coeficienților de dilatare termică ale aliajelor de fier-nichel.

în figura 8.17, unde se prezintă variația coeficienților de dilatare în funcție de temperatură pentru aliajele cu 42% și 48% nichel în comparație cu cea a invarului.

Se mai face observația că dacă la aliajele reversibile (cu procent de nichel mai mare decît 26%), se adaugă cîteva procente de mangan, crom sau cobalt ele pot deveni ireversibile. Aliajele ireversibile fier-nichel au în stare nemagnetică o valoare ridicată a coeficientului de dilatare termică liniară, iar în stare magnetică coeficientul de dilatare are o valoare apropiată de cea a fierului. Aliajele reversibile fier-nichel au o valoare bine determinată pentru coeficientul de dilatare termică liniară pentru o temperatură dată, valoare care nu depinde de temperaturile la care s-au aflat aliajele anterior.

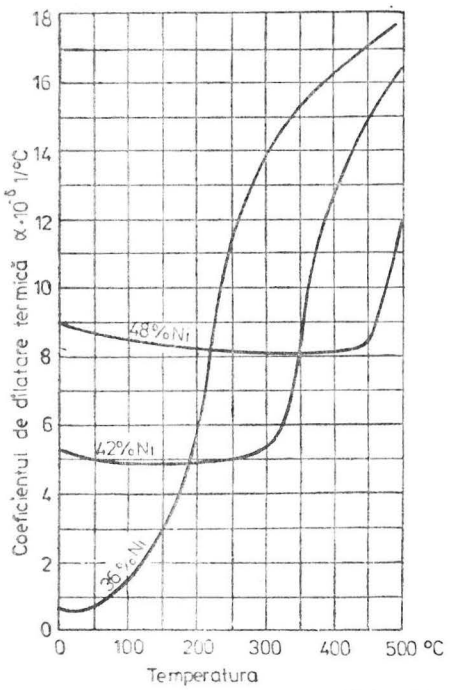


Fig. 8.17. Variația coeficienților de dilatare termică a unor aliaje de fier-nichel, în funcție de temperatură.

8.3.3. MATERIALE FOLOSITE PENTRU ELEMENTELE TERMOBIMETALICE

Aliajele de fier-nichel, cu proprietățile lor specifice, au stat la baza realizării termobimetalelor. Invarul, avînd un coeficient de dilatare scăzut se folosește în calitate de componentă pasivă, iar aliajele cuprului cu zinc, staniu sau nichel, care au coeficienți de dilatare termică mari se folosesc drept componente active.

Datorită modificării coeficienților de dilatare cu temperatura (figura 8.16 și 8.17), se preferă folosirea drept componentă pasivă a aliajului fier-nichel cu conținut de 42% nichel sau a aliajului cu 48% nichel. Acestea, avînd coeficienți de dilatare mai mari, dar relativ constanți, conduc la o încovoiere termică specifică mai mică decît a termobimetalelor cu invar. Alte aliaje cu efect de invar, afară de aliajele Fe-Ni, se obțin și pentru aliaje de două sau trei metale, ca : Fe-Pd, Fe-Pl, Co-Cr-Fe, Co-Fe-Mo, Co-Fe-Ni, Co-Fe-V, Cr-Fe-Ni, Fe-Ni-Ti, Co-Cr-Fe-Ni, Co-Fe-Mo-Ni, Co-Fe-Ni-V. Toate aceste aliaje, în afară de Fe-Pd și Fe-Pl, care sînt scumpe, se pot utiliza ca și componente pasive ale termobimetalelor.

Principalele componente active, bazate pe aliajele cuprului, sînt : monelul (65% Ni, 35% Cu), alama (63% Cu, 37% Zn), constantanul (45% Ni, 55% Cu) și altele. Aceste aliaje au dezavantajul că au un punct de topire scăzut, se sudează greu și au un modul de elasticitate mult diferit de al componentei pasive. Din această cauză se preferă înlocuirea acestora cu aliaje fier-nichel, cu conținut de 20—25% nichel, care au coeficienți de dilatare ridicați (figura 8.16). Prin adăugarea cîtorva procente de carbon, crom sau mangan s-au obținut aliaje de fier-

Tabelul 8.1

Materiale folosite la fabricarea termobimetalelor

Nr. crt.	Componenta activă Conținutul procentual							Componenta pasivă Conținutul procentual						
	Simbol	C	Mn	Ni	Si	Fe	Altele	Simbol	C	Mn	Ni	Si	Fe	Altele
1	NiMn 20 6	0,2	6	20	1	Rest	—	Ni 36	0,1	0,5	36	0,5	Rest	—
2	MnCuNi	0,1	Rest	10—15	0,5	0,5	18—10 Cu	Ni 36	0,1	0,5	36	0,5	Rest	—
3	NiMn20 6	0,2	6	20	1	Rest	—	Ni 42	0,1	1	42	0,5	Rest	—
4	NiCr 16 11	0,1	1	16	0,5	Rest	11 Cr	CoNiCr 26 20	0,1	1	20	0,5	Rest	26 Co 8 Cr
5	NiMn 20 6	0,2	6	20	1	Rest	—	Ni 46	0,1	1	46	0,5	Rest	—
6	NiMn 20 6	0,2	6	20	1	Rest	—	Ni 36	0,1	0,5	36	0,5	Rest	—

nichel cu coeficienți de dilatare mari într-un domeniu larg de temperaturi. Principalele aliaje utilizate pentru componentele active și pasive ale termobimetalelor, cu evidențierea conținutului procentual al elementelor componente sînt prezentate în tabelul 8.1. Pentru toate termobimetale, în ordinea numărului curent din tabelul 8.1 se indică în tabelul 8.2 principalele lor proprietăți sub aspectul încovoierii specifice, a domeniului de liniaritate, temperaturii maxime, rezistivității și modulului de elasticitate.

Termobimetalele de tip electrotermic, folosite în aparatele electrice, se încălzesc direct sub acțiunea curentului electric. Încălzirea, conform efectului electrocaloric, este proporțională cu rezistența electrică a termobimetalului. La curenți mici și mijlocii se folosesc termobimetale cu rezistență electrică relativ mare. Aceste calități le au termobimetalele din aliaje fier-nichel (tabelul 8.2), în special cele care au un procent relativ mare de mangan în componenta activă. Aceste aliaje au pe lîngă rezistivitate mare și o încovoiere și dilatare mare, așa cum rezultă din tabelele 8.1 și 8.2 pentru termobimetalul avînd componenta activă MnCuNi și cea pasivă Ni 36. La curenți mai mari, rezistența electrică a aliajelor de fier-nichel, cu sau fără adaos de mangan, crom, în componenta activă, **este prea mare.**

Tabelul 8.2

Proprietățile termobimetalelor din tabelul 8.1

Nr. crt.	Încovoierea specifică $10^{-6}1/°C$	Dilatarea specifică, $10^{-6}1/°C$	Domeniul de linearitate, °C	Temperatura maximă °C	Rezistivitatea la 20 °C, Ω mm²/m	Modulul de elasticitate la 20 °C, kN/mm²
1	29,3	15,5	—20 pînă la +200	450	0,78	170
2	39,2	20,8	—20 pînă la +200	350	1,08	135
3	22,0	11,7	—20 pînă la +380	450	0,70	170
4	20,4	10,8	—20 pînă la +200	550	0,75	200
5	18,4	9,8	—20 pînă la +425	450	0,65	175
6	28,2	15,0	—20 pînă la +200	450	0,55	170

De aceea se utilizează placarea intermediară cu metale bune conducătoare de electricitate, cum sînt : nichelul, fierul sau cuprul, sau aplicarea unui strat de cupru pe componenta activă, obținîndu-se astfel scăderea rezistenței electrice, cu o micșorare neînsemnată a sensibilității termice.

La utilizarea termobimetalelor din aliaje fier-nichel în atmosferă umedă sau în mediu fluid, suprafețele pot fi protejate cu materiale anticorozive.

8.4. PROCEDEE TEHNOLOGICE DE REALIZARE A ELEMENTELOR TERMOBIMETALICE

8.4.1. REALIZAREA ELEMENTELOR TERMOBIMETALICE

Elementul hotărîtor în tehnologia de fabricație a bimetalelor îl constituie unirea celor două componente, care se realizează prin sudură prin puncte. Sudura prin puncte pe componenta activă a termobimetalului poate să conducă la unele dificultăți, de aceea se sudează, în general, pe componenta pasivă. Părțile componente se degresează bine, pentru ca la sudarea prin puncte să se obțină un contact bun cu electrozii de contact. Pentru o bună sudură se mai recomandă ca elementele de bimetal să fie acoperite cu un strat subțire de zinc sau de alamă.

Pentru a nu se îngreuna procesul de fabricație, cele două straturi componente se aleg aproximativ de aceeași lungime, iar cele două componente sînt astfel alese încît să aibă module de elasticitate foarte apropiate ca valoare. Aliajele alese pentru cele două componente bimetalice se topesc separat în cuptoare electrice cu curenți de înaltă frecvență, obținîndu-se bare de 25—30 mm, după care se realizează acoperirea lor prin galvanizare, operație necesară pentru o mai bună legătură a straturilor în operațiile tehnologice ce urmează. Apoi componentele se suprapun și se încălzesc la aproximativ 1 200 °C și se sudează. Tabla bimetalică obținută este supusă unui proces de laminare la cald, pînă la grosimi de 3—7 mm, după care urmează laminarea la rece la grosimea prescrisă.

Firmele producătoare livrează bimetalele sub forma unor plăci, pentru grosimi mai mari, sau de benzi, în cazul unor grosimi sub 2 mm.

O altă tehnologie de fabricație prevede nituirea plăcilor care constituie componentele bimetalului respectiv, urmînd apoi ca ele să fie încălzite în atmosferă de gaze inerte și laminate la cald pentru a obține o grosime de aproximativ 3,5—4 mm. Urmează apoi o laminare la rece cu 20—30 %.

După terminarea prelucrării, benzile late se marchează cu semnul de calitate, se taie la dimensiunile cerute și se înlătură bavurile. Marcarea se face pe suprafața exterioară a componentei active, unde se însemnează tipul bimetalului, arătînd în mod echivoc partea în care se va îndoi bimetalul în timpul încălzirii. Marcarea se face printr-o imprimare ușoară, astfel ca și după operația de ștanțare să se poate vedea marcarea respectivă. La bimetale mai subțiri de 0,6 mm o asemenea imprimare poate duce la modificări ale caracteristicilor și de aceea se procedează la marcarea prin vopsire sau atacare cu acizi a suprafețelor.

8.4.2. ȘTANȚAREA, TĂIEREA, ÎNDOIREA ȘI SPIRALIZAREA BENZILOR DE TERMOBIMETAL

a) **Ștanțarea și tăierea**

Datorită realizării termobimetalelor din două aliaje diferite ce diferă atît din punct de vedere al rezistenței mecanice, cît și prin proprietățile lor funcționale trebuie urmărit ca la ștanțare și la tăiere să nu existe bavuri. De aceea este necesar

ca ştanţele şi dispozitivele de tăiere să fie foarte exact prelucrate. Benzile de bimetal trebuie astfel aşezate, ca dispozitivul de tăiere să ajungă întîi la componenta mai dură. La calcularea presiunii necesare pentru tăiere se poate considera o valoare de 600 N/mm^2.

În general este avantajos ca ştanţarea să se facă în direcţia laminării pentru a se obţine valori maxime pentru săgeată. Sînt însă cazuri în care ştanţarea se face pe o direcţie perpendiculară pe direcţia de laminare, caz în care se obţine o deformare cu 1—2% mai mică decît cea anterioară. În afară de aceasta, sarcina de încovoiere trebuie şi ea redusă cu aproximativ 10%. Bimetalele ştanţate perpendicular pe direcţia de laminare sînt mai rigide, adică la aceeaşi forţă se obţine o săgeată cu 10% mai mică decît la o bandă ştanţată în sensul de laminare.

Trebuie evitată ştanţarea cu raze mici de curbură, mai ales în cazul termobimetalelor de tip electrotermic, deoarece în aceste locuri se produce la scurtcircuit o supraîncălzire prin creşterea densităţii de curent, ceea ce poate conduce la pierderea proprietăţilor bimetalului.

b) **Îndoirea**

Pe cît posibil nu se recomandă îndoirea în jurul unor cilindrii cu diametru prea mic, existînd pericolul de rupere al componentei bimetalice exterioare. Recomandări general valabile pentru modul de îndoire nu se pot da, deoarece sînt dependente de mai mulţi factori, ca : gradul de laminare la rece, rigiditate, duritate ş.a. Cu cît mai rigidă este o bandă de bimetal, cu atît mai bune sînt proprietăţile sale de arcuire, dar banda devine mai casantă. Îndoirea perpendicular pe direcţia de laminare conduce la dificultăţi mai reduse decît îndoirea în direcţia de laminare. Un bimetal laminat normal poate fi îndoit perpendicular pe direcţia de laminare, cu o rază egală cu 1—3 ori grosimea benzii.

c) **Spiralizarea**

La realizarea spiralelor de bimetal, utilizate la termometre şi alte aparate, trebuie considerate proprietăţile normale de arcuire. Dimensiuni mici ale benzilor pot fi folosite la realizarea spiralelor dacă banda are rigiditatea corespunzătoare. La dimensiuni mai mari trebuie să se înfăşoare pe un şablon pentru a asigura o repartiţie uniformă a spirelor.

La realizarea spiralelor cu distanţe mici între spire este de recomandat să fie înfăşurată componenta activă spre exterior. Efectul este atunci de desfăşurare al spiralei, fără pericolul atingerii unor spire.

În general este recomandat ca părţile componente ale bimetalelor să se înfăşoare la o temperatură constantă a mediului ambiant, preferabil 20 °C. La montajul aparatelor ce conţin elemente de bimetal, la temperaturi variabile, mai ales cînd este vorba de bimetale sensibile, este necesară o reajustare pentru poziţia de nul. La fiecare asemenea reglare trebuie considerată temperatura mediului ambiant.

8.4.3. TRATAMENTUL TERMIC AL ELEMENTELOR TERMOBIMETALICE

În urma prelucrărilor mecanice iau naştere în piesele bimetalice tensiuni interne care influenţează funcţionarea lor. Pentru înlăturarea tensiunilor interne se procedează la o recoacere de detensionare. Prin recoacere, proprietăţile fizice ale bimetalului, rezistenţa şi rigiditatea, nu se modifică, în schimb se îmbunătăţeşte mult funcţionarea prin împiedicarea modificării valorilor iniţiale ale caracteristicii termobimetalului.

În general este suficientă o recoacere urmată de o răcire lentă. Temperatura trebuie să fie cu cel puţin 50 °C mai mare ca temperatura de lucru în regim normal. Timpul de prelucrare la cald la procesul de recoacere este cuprins între 2 şi 3 ore ; cu cît se alege o temperatură mai joasă cu atît timpul de recoacere se ia mai mare. Recoacerea se face rar la temperaturi sub 200 °C, deoarece în acest caz timpii ar fi prea mari.

La pretenţii mai mari şi pentru a se ajunge la modificări minime ale elementelor de bimetal se recomandă o recoacere prin 2—4 cicluri de încălzire şi răcire. Temperaturile de încălzire la al doilea şi al treilea ciclu se iau mai joase decît la primul ciclu. Gaz de protecţie nu este necesar la aceste procese de recoacere. Este totuşi de dorit utilizarea lui (a atmosferei neutre) atunci cînd elementele de bimetal se sudează sau se lipesc după încălzire. Dacă recoacerea are loc în atmosferă normală, se obţine o suprafaţă întunecată, care are o mai bună proprietate de emisie a radiaţiilor şi îmbunătăţeşte schimbul de căldură cu mediul ambiant.

Pentru bimetalele de tip electrotermic este recomandabil ca operaţia de detensionare să se facă după ce au fost gata montate în aparate. Lucrul acesta poate fi realizat prin trecerea, pentru o perioadă scurtă de timp, al unui multiplu al curentului nominal al termobimetalului. Valoarea acestui curent este astfel stabilită încît bimetalul să atingă în cîteva secunde

o temperatură egală cu temperatura de detensionare recomandată. După aceea curentul electric este întrerupt și urmează o răcire în aer la temperatura mediului ambiant. Acest procedeu se repetă de 3—4 ori, pînă se constată stabilitatea valorilor de reglaj. Efectul pozitiv al acestei metode se datorește faptului că astfel se elimină și tensiunile interne provocate bimetalului în timpul operațiilor de montaj.

Recoacerea se realizează în general în cuptoare încălzite electric, cu o reglare prescrisă a temperaturii. După recoacere suprafețele bimetalului nu sînt protejate, fiind necesar să fie prelucrate împotriva coroziunii cu anticoroziv, cu îmbrăcăminți din material sintetic sau prin acoperiri galvanice. Se recomandă zincarea sau placarea cu cadmiu pentru medii cu umiditate ridicată și acoperirea cu cadmiu pentru cazurile în care bimetalul funcționează în apă. Deoarece cadmiul prezintă un oarecare pericol de otrăvire, se poate utiliza zincarea sau placarea cu cositor-zinc. Cromarea sau nichelarea dau o suprafață dură, de aceea se utilizează numai acolo unde temperatura de lucru este ridicată. Este recomandabil ca acoperirea prin nichelare să nu fie utilizată, deoarece stratul de nichel poate fi ușor avariat. Straturile de acoperire fiind suficient de subțiri nu pot influența practic calitățile bimetalului.

9. ELEMENTE DE TEHNOLOGIA ASAMBLĂRII APARATELOR ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

9.1. CARACTERISTICILE TEHNOLOGICE GENERALE ALE ASAMBLĂRII APARATELOR ELECTRICE

Lucrările de asamblare, au o pondere destul de mare în timpul total de muncă necesar realizării unui echipament electric de joasă tensiune. Pentru stabilirea procesului tehnologic de asamblare trebuie cunoscute : desenul de ansamblu al aparatului și al pieselor ce intră în alcătuirea lui, condițiile tehnice impuse de constructor, planul de producție, posibilitățile existente de realizare etc. Un mare ajutor în stabilirea tehnologiei de asamblare a unui aparat îl constitue posibilitatea de a avea la dispoziție un model al aparatului în cauză sau al unui aparat de construcție apropiată, ori cel puțin al planurilor de operații de asamblare ale acestuia din urmă. În principiu, tehnologia asamblării aparatelor electrice este asemănătoare cu tehnologia asamblării în construcția de mașini, cu observația că prezența înfășurărilor și a elementelor conducătoare de curent, a circuitelor magnetice, cît și a diverselor materiale electroizolante impune respectarea unor condiții de fabricare, montare și încercare deosebite.

Din punct de vedere al asamblării, un aparat electric este constituit din piese, grupe de piese, subansamble și ansamblul final, la fel ca și la asamblarea în construcția de mașini. Piesa reprezintă partea elementară a aparatului care este confecționată fără operații de asamblare. Dintre acestea, piesa principală de

la care se începe montajul și pe care se fixează celelalte piese poartă numele de piesă de bază. Grupa de piese este constituită din reunirea mai multor piese, iar prin reunirea mai multor grupe de piese se obține subansamblul. Ca și mai sus, subansamblul de la care se începe asamblarea se numește subansamblu de bază. Subansamblele se pot fixa fie direct pe corpul principal al produsului, fie între ele, formînd ansamble.

Și în cazul asamblării, partea principală a procesului tehnologic o constituie operația. La stabilirea succesiunii operațiilor trebuie să se țină seama de următoarele considerații :

— operațiile precedente nu trebuie să împiedice realizarea operației curente ;

— după operațiile sau fazele susceptibile a fi rebutate, ca și după operațiile foarte importante se impune introducerea unor operații de control și elaborarea unor măsuri profilactice împotriva rebuturilor ;

— pe cît posibil, pentru mărirea productivității operațiilor de asamblare este de dorit să se evite operațiile de ajustare.

Succesiunea normală și logică a operațiilor de asamblare se stabilește cu ajutorul schemei de asamblare, figura 9.1, întocmită în urma analizei compunerii aparatului ce urmează a se realiza, plecînd de la piesa de bază, subansamblul de bază pînă la ansamblul finit prin adăugarea la acesta a pieselor, grupelor de piese și subansamble, în ordinea firească concepției constructive a aparatului.

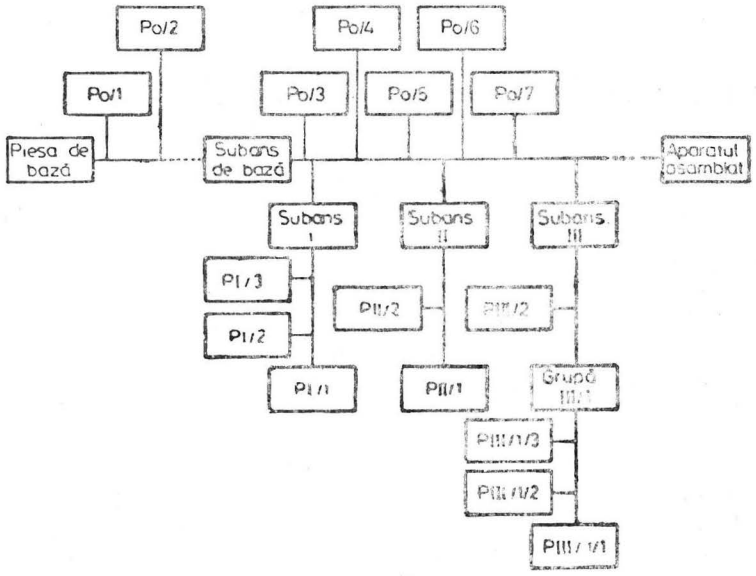


Fig. 9.1. Schema de asamblare.

Formele organizatorice ale tehnologiei asamblării, în general, funcție de tipul producției, gradul de complexitate al aparatului și volumul de produse sînt :

— asamblare staționară și

— asamblare în flux.

Asamblarea staționară poate fi realizată de o singură echipă de montatori, care manipulează toate piesele sau de o singură echipă, însă operînd asupra subansamblelor ce au fost realizate de brigăzi specializate la diferite locuri de muncă. În cazul celei de-a doua metode de asamblare staționare, mărindu-se specializarea grupelor de montatori ce realizează subansamblele, durata ciclului de asamblare se reduce simțitor. Acest tip e recomandat pentru producția de prototipuri și unicate.

Asamblarea în flux impune divizarea procesului tehnologic în operații care să se execute la cîte un loc de muncă dispus în ordinea succesiunii operațiilor și asigurarea fiecărui loc de muncă cu piese, dispozitive și instalații de verificare. Fiecare montator execută o singură operație, folosind în permanență același utilaj, ceea ce duce la o utilizare rațională a mîinii de lucru și a utilajului. Tehnologia de asamblare în flux continuu poate fi organizată cu transportul produsului ce se asamblează de la un loc de muncă la altul sau cu deplasarea intermitentă sau continuă, pe bandă, a acestuia. După anumite operații susceptibile a fi rebutate, în lungul liniei tehnologice se prevăd posturi de control. Asamblarea în flux continuu în producția de aparate electrice se poate organiza cu locuri de muncă dispuse cot la cot, cu fața spre bandă, figura 9.2, a, sau cu locuri de muncă așezate spate în spate, figura 9.2, b. Alegerea unuia sau a altuia din cele două sisteme de asamblare în flux este determinată de greutatea aparatului, care în primul caz nu trebuie ridicat de pe bandă, iar în de-al doilea caz se ridică și se deplasează pe măsuța sau standul individual de montaj dotat cu dispozitivele de montare sau cu aparatura de încercare interoperațională.

Ritmul de asamblare în flux se calculează cu relația

$$R_a = \frac{t_a}{Npa} \text{ [min]}, \qquad (9.1)$$

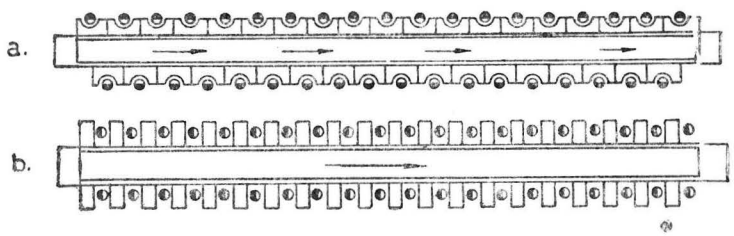


Fig. 9.2. Sistem de asamblare în flux, cu benzi rulante: a — cu locurile de muncă așezate cot la cot; b — cu locurile de muncă așezate spate în spate.

în care :

R_a este ritmul asamblării, în minute ;

t_a — timpul necesar asamblării întregului aparat, în minute, atunci cînd aparatul este asamblat de Npa montatori ;

Npa — numărul de posturi de lucru ale benzii.

Viteza de deplasare a benzii rulante, în cazul deplasării ei continue se determină după relația

$$v = \frac{L+l}{R_a} \text{ [m/min]}, \tag{9.2}$$

în care :

L este lungimea corpului aparatului ce se asamblează, prin montarea la fiecare loc de muncă a uneia sau mai multor piese, în m ;

l — distanța dintre două aparate așezate pe bandă, în m ;

R_a — ritmul de asamblare al liniei, în minute.

Pentru a asigura obținerea unei producții impuse, timpul de lucru la fiecare loc de muncă trebuie să fie egal sau cît mai apropiat posibil de ritmul liniei.

Echilibrarea operațiunilor, în vederea egalizării timpilor de montaj și funcție de timpii necesari pentru realizarea ritmului de producție dorit constituie problema fundamentală a echilibrării încărcării liniilor de asamblare. Ritmul de producție dorit este exprimat în timpi pe punct de lucru, fiind denumit și timpul ciclului, timpul punctului de lucru sau timpul de echilibrare.

O echilibrare perfectă se poate doar rar realiza, existînd totdeauna un timp suplimentar la cel puțin o operațiune. Dintre

metodele de echilibrare a operațiunilor de asamblare se menționează [12] :

— Divizarea operațiunilor și repartizarea proporțională a elementelor, curent folosită, deoarece operațiunile de asamblare pot fi, obișnuit, ușor divizate.

— Combinarea operațiunilor și echilibrarea grupurilor de operațiuni, de exemplu, prin preluarea a trei operațiuni, de către un grup de cinci lucrători, pe care le execută alternativ.

— Deplasarea operatorilor să execute alte operațiuni în puncte de lucru supraîncărcate, dacă operațiunile executate în linia tehnologică necesitau un timp mai scurt decît ritmul de asamblare.

— Îmbunătățirea operațiunilor prin introducerea tehnicii noi la fiecare loc de muncă, prin aplicarea celor mai moderne metode de asamblare, care să reducă cu maximum posibil, timpul auxiliar la fiecare operație.

— Îmbunătățirea performanțelor operatorilor din punctele de lucru supraîncărcate fie prin repartizarea operațiunilor respective celui mai rapid și capabil operator, fie prin repartizarea de ajutoare suplimentare (operator auxiliar), care să ajute la executarea operației respective.

Există de asemenea tehnici de echilibrare a liniilor de asamblare [3] prin programare pe calculator. Prin acestea se urmăresc fie minimizarea timpului unui punct de lucru pentru un număr dat de posturi de lucru, fie minimizarea numărului de posturi de lucru pentru un ciclu prestabilit.

În afara schemei de asamblare, pe baza căreia se organizează procesul tehnologic de asamblare, staționar sau în flux, documentația tehnologică mai trebuie să cuprindă planurile de operații de asamblare și instrucțiunile tehnologice de fabricare. Planurile de operații indică :

— numărul reperelor, înscrise în ordinea asamblării și care determină atît numărul operațiilor de asamblare, cît și succesiunea lor ;

— norma tehnică de timp și gradul de calificare al operatorilor ;

— dispozitivele, sculele și verificatoarele de la fiecare loc de muncă, atît cele mecanice cît și cele electrice, cu care se efectuează operațiunile de montaj, control și reglaj.

Pentru aparate mai complicate se întocmesc pentru fiecare loc de muncă desene, în care piesele ce se montează la locul respectiv sînt reprezentate cu linii îngroșate față de cele care s-au montat anterior și care sînt reprezentate cu linii subțiri.

Instrucțiunile tehnologice de fabricație, elaborate pentru fiecare construcție de aparat electric în parte cuprind indicații de montaj și verificare, precum și limitele între care pot să se afle diferite mărimi : geometrice (curse ale contactelor, jocuri dintre piese, etc), dinamice (forța de apăsare în contacte, cuplu antagonist etc.), electrice (curentul absorbit, rigiditatea dielectrică etc.), termice (temperatura în regimul nominal de funcționare etc.) sau funcționale (declanșarea pentru 75% pînă la 10% din tensiunea nominală etc.) în cursul procesului tehnologic de asamblare. Ele cuprind de asemenea indicații pentru aducerea între limitele prescrise a diferitelor mărimi caracteristice, metode de verificare a calității și fiabilității, precum și cerințe ale operațiunilor propriu-zise ale procesului tehnologic de asamblare.

9.2. PRECIZIA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE ASAMBLARE

Organizarea proceselor tehnologice de asamblare pe linii tehnologice în flux, nu este posibilă fără asigurarea interschimbabilității pieselor și subansamblelor ce intră în componența echipamentelor în fabricație. Aceasta înseamnă ca : mărimea cîmpului de toleranță al elementului de închidere al unui lanț de dimensiuni de asamblare să fie egală cu suma toleranțelor elementelor componente ale lanțului de dimensiuni

$$T_0 = \sum_{i=1}^{n-1} T_i = (n-1)\, T_{med}, \tag{9.3}$$

în care :

T_0 este mărimea cîmpului de toleranță al elementului de închidere al lanțului de dimensiuni, exprimată în μm ;

T_i — mărimea cîmpului de toleranță pentru elementul i al lanțului de dimensiuni, în μm ;

T_{med} — mărimea cîmpului de toleranță mediu, dacă toate elementele i ar avea aceeași mărime a toleranței de execuție ;

n — numărul de elemente ce formează lanțul de dimensiuni ;

și că s-au respectat toleranțele de execuție T_i pentru fiecare element al ansamblului. Doar în aceste condiții, oricare din piesele de același tip, de asamblat, va permite realizarea ansamblului cu respectarea condițiilor de bună funcționare impuse.

În general, problema de mai sus, a legăturii dintre toleranțele pieselor componente și toleranța cu care se poate realiza asamblarea lor se poate schematiza în felul următor : Un dispozitiv D (contactor, releu etc.) este caracterizat prin niște parametrii de intrare (cote, temperaturi etc.), pe care îi numim x_1, $x_2, \ldots x_n$ și prin niște parametrii de ieșire (tensiuni de utilizare, curse etc.), pe care îi vom numi y_1, $y_2, \ldots y_p$ și care depind total sau parțial de parametrii de intrare.

În legătură cu aceasta, pot apare două probleme legate de precizia proceselor tehnologice de asamblare :

1. Cunoscînd abaterile Δx_1, $\Delta x_2, \ldots \Delta x_n$ ale parametrilor de intrare, care vor fi abaterile rezultante Δy_1, $\Delta y_2, \ldots \Delta y_p$, ale parametrilor de ieșire și cum se pot ameliora aceste abateri ?

2. Abaterile $(\Delta y_1)_0$, $(\Delta y_2)_0$, $\ldots$, $(\Delta y_p)_0$ ale parametrilor de ieșire fiind impuse, care trebuie să fie abaterile parametrilor de intrare ca să fie satisfăcută condiția impusă parametrilor de ieșire ?

Atît prima, cît și a doua problemă se poate rezolva doar dacă se cunoaște o legătură între mărimile de intrare și cele de ieșire. Pentru un ansamblu în general, o asemenea relație este dată de lanțul de dimensiuni de asamblare, care este o relație lineară între cursa echipajului mobil la un contactor electromagnetic, de exemplu și cotele pieselor ce determină cursa echipajului mobil amintit anterior.

Dacă relația dintre y și diversele valori ale parametrilor x nu este lineară, ea poate fi linearizată întotdeauna. Astfel, dacă în general legătura dintre parametrul de ieșire y și cei de intrare $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ se scrie în forma generală

$$y = f(x_1, x_2, \ldots, x_n), \tag{9.4}$$

pentru valorile $x_1, x_2, \ldots, x_n$ care sînt repartizate în jurul valorilor medii $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots, \bar{x}_n$ se poate scrie dependența dintre aceștia sub forma

$$y(x_1, x_2, \ldots x_n) = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots, \bar{x}_n) + \sum_{i=0}^{i=n} (x_i - \bar{x}_i)\, \frac{\partial f}{\partial x_i}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots, \bar{x}_n), \tag{9.5}$$

neglijînd termenii de ordinul 2, ceea ce este posibil dacă dispersia valorilor parametrilor de intrare x este redusă. Notînd cu Δy_i creșterea parametrului de ieșire y_i, corespunzînd creșterii Δx_i a parametrului de intrare x_i și admițînd pentru creșterea lui x_i o valoare egală cu unitatea ($\Delta x_i = 1$), relația 9.5 devine

$$y = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \ldots, \bar{x}_n) + (x_1 - \bar{x}_1)\Delta y_1 + (x_2 - \bar{x}_2)\Delta y_2 + \ldots + (x_n - \bar{x}_n)\Delta y_n. \quad (9.6)$$

Notînd $f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots, \bar{x}_n) = y_0$, relația anterioară devine

$$\frac{y - y_0}{y_0} = \frac{\Delta y}{y_0} = (x_1 - \bar{x}_1)\frac{\Delta y_1}{y_0} + (x_2 - \bar{x}_2)\frac{\Delta y_2}{y_0} + \ldots + (x_n - \bar{x}_n)\frac{\Delta y_n}{y_0}. \quad (9.7)$$

Prin asamblare, pentru a asigura condiția de bună funcționare, abaterea dimensiunii de închidere Δy rezultată din asamblarea pieselor componente, ale căror dimensiuni sînt afectate fiecare de o anumită abatere a dimensiunilor de fabricație Δx_i trebuie să fie mai mică decît valoarea impusă de condițiile funcționale Δy_0.

Cunoscînd că pentru piese de aparate electrice, ca și pentru orice fel de piese din construcția de mașini, repartiția valorilor dimensiunilor real obținute $x_1, x_2, \ldots, x_n$ se face aleatoriu în jurul valorilor nominale $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots, \bar{x}_n$ după o lege de repartiție statistică normală, figura 9.3, caracterizată de media m_i și abaterea medie pătratică σ_i se utilizează proprietățile acestei legi în vederea determinării abaterii rezultante a dimensiunii de închidere a lanțului de dimensiuni de asamblare. Se știe că, pentru asemenea legi de repartiție valorile dimensiunilor pieselor se găsesc în proporție de 95% în intervalul determinat de dublul abaterii medii pătratice de o parte și de alta a valorii medii ($\bar{x}_i - 2\sigma_i$, $\bar{x}_i + 2\sigma_i$) și 99,7% în intervalul ($\bar{x}_i - 3\sigma_i$, $\bar{x}_i + 3\sigma_i$).

Dacă parametrul de ieșire y, rezultat în urma asamblării este dat de o relație lineară de forma

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \ldots + a_nx_n, \quad (9.8)$$

media valorilor lui y, m_y se repartizează la fel după o lege normală avînd valoarea

$$m_y = a_0 + a_1\bar{x}_1 + a_2\bar{x}_2 + \ldots + a_n\bar{x}_n \quad (9.9)$$

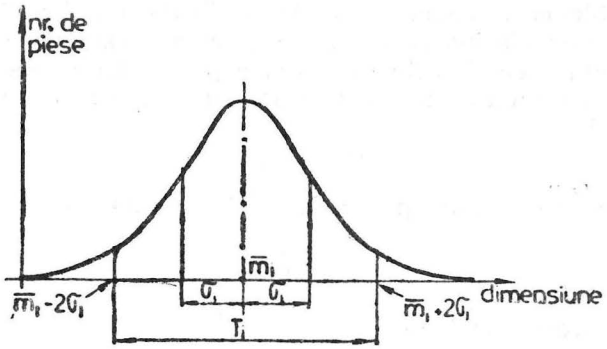


Fig. 9.3. Reprezentarea grafică a repartiției statistice normale : m — valoarea medie a dimensiunii i a pieselor din lot ; σ — abaterea medie pătratică a dimensiunii i ; m ±2σ — limitele intervalului de toleranță în care se vor găsi 95% din valorile dimensiunilor i, măsurate.

și cu o abatere medie pătratică σ_y dată de relația

$$\sigma_y = \sqrt{(a_1\sigma_1)^2 + (a_2\sigma_2)^2 + \ldots + (a_n\sigma_n)}, \quad (9.10)$$

valorile lui y vor fi în intervalul ($m_y - \Delta y$, $m_y + \Delta y$) cu o precizie de 99,7% dacă se ia $\Delta y = 3\sigma_y$. Dacă și dispersia valorilor lui x_i în jurul valorii medii x_i este simetrică, conform repartiției normale, se poate admite că $\Delta x_i = 3\sigma_i$ și relația 9.10 devine

$$\Delta y = \sqrt{(a_1\Delta x_1)^2 + (a_2\Delta x_2)^2 + \ldots + (a_n\Delta x_n)^2}. \quad (9.11)$$

Cu ajutorul relației (9.11) se pot rezolva problemele 1 și 2 enunțate mai sus.

Problema 1. Valoarea impusă Δy_0 a lui Δy e fixată, iar Δx_i sînt cunoscute. Calculul lui Δy cu expresia (9.11) va indica fie

$$\Delta y \leqslant \Delta y_0, \quad (9.12)$$

în care caz abaterile ce se obțin prin asamblare sînt convenabile, fie

$$\Delta y > \Delta y_0, \quad (9.13)$$

în care caz e necesar să se reducă abaterile de fabricație ale anumitor piese componente.

Problema 2. Valoarea lui Δy_0 e fixată, iar Δx_i sînt necunoscute. Considerînd că fiecare din cei n parametri de intrare x_i exercită aceeași influență asupra parametrului de ieșire y, ceea ce înseamnă că termenii $a_i \Delta x_i$ au o valoare comună k, se poate scrie că :

$$(\Delta y_0)^2 = nk^2 \tag{9.14}$$

în care n este numărul parametrilor, k fiind dat de

$$k = \frac{\Delta y_0}{\sqrt{n}}. \tag{9.15}$$

Din acestea se deduce

$$\Delta x_i = \frac{k}{a_i} = \frac{1}{\sqrt{n}} \frac{\Delta y_0}{a_i}, \tag{9.16}$$

ceea ce ne permite să determinăm abaterile de fabricație ale piesei i din ansamblu, dacă abaterea dimensiunii de închidere asamblate Δy_0 este impusă.

Metoda expusă poate fi îmbunătățită prin efectuarea unor corecții care țin cont de faptul că nu toate piesele sînt executate în aceeași clasă de precizie.

În conformitate cu cele prezentate mai sus, dacă montajul se face fără prelucrări suplimentare sau sortarea pieselor, cu respectarea condițiilor impuse prin relațiile 9.12 respectiv 9.16, tipul procesului tehnologic de asamblare este cu interschimbabilitate totală.

Reprezentarea schematică a asamblării cu interschimbabilitate totală, pentru un lanț de dimensiuni cu trei elemente, (D_1, D_2 și D_0), D_0 fiind dimensiunea de închidere a acestui lanț și toleranțele T_1 și T_2 ale elementelor componente ale lanțului, egale, e indicată în figura 9.4, a.

În conformitate cu (9.3), toleranța T_0 a elementului de închidere va fi

$$T_0 = T_1 + T_2 = 2\,T_1.$$

Dintre avantajele asamblării cu interschimbabilitate totală menționăm :

— simplitatea realizării operațiunilor de montaj ;
— posibilitatea organizării asamblării în ritm impus ;
— nivel de calificare mediu pentru operatori etc.

Principalul inconvenient al asamblării cu interschimbabilitate totală îl constitue costul prelucrării pieselor, care trebuie realizate cu precizie ridicată, cu atît mai mare cu cît numărul elementelor din compunerea lanțului de dimensiuni de asamblare este mai ridicat.

Prin mărirea toleranțelor elementelor componente ale lanțului de dimensiuni, execuția pieselor este mai ușoară, deci mai ieftină. Pe acest considerent se bazează metoda de asamblare cu interschimbabilitate parțială. Apare în acest caz riscul ca un procent redus din dimensiunile lanțului, să aibă elementul de închidere în afara cîmpului de toleranță impus inițial, așa după cum rezultă din figura 9.4, b.

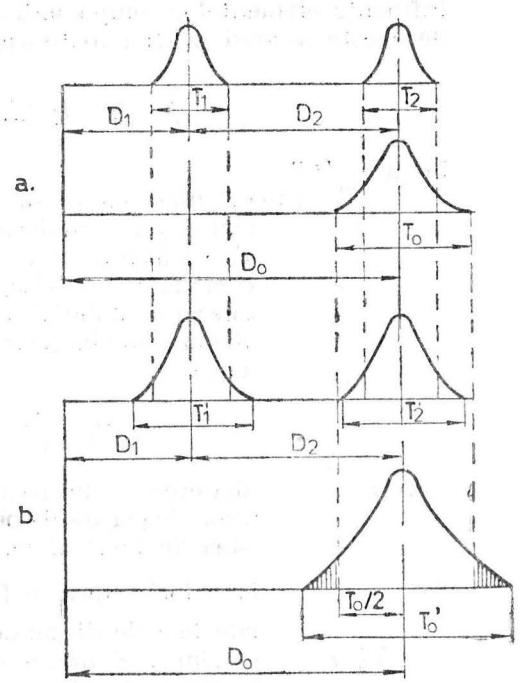


Fig. 9.4. Reprezentarea schematică a asamblării unor piese ce formează un lanț de dimensiuni după metoda interschimbabilității a — totale ; b — parțiale.

Dacă toleranțele celor două elemente se măresc de la T_1 la T_1, respectiv de la T_2 la T_2, și toleranța elementului de închidere T_0 va fi mai mare cu $\Delta T = T'_0 - T_0$, decît toleranța impusă inițial T_0, care asigură atît condițiile funcționale, cît și cele de montaj. Pentru calculul mărimii cîmpului de toleranță mărit al elementelor, utilizînd regulile din statistica matematică despre însumarea unor abateri medii pătratice independente se poate scrie că abaterea medie pătratică a elementului sumă σ_Σ va fi dat de o relație de forma

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \ldots + \sigma_{n-1}^2}, \tag{9.17}$$

în care :

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3 \ldots \sigma_{n-1}$ — sînt abaterile medii pătratice ale celor $n-1$ elemente ale lanțului de dimensiuni.

Făcînd anumite ipoteze, că toate dimensiunile variază conform aceleiași legi de distribuție (obișnuit legea normală) și că

influența elementelor componente asupra elementului de închidere este aceeași pentru toate verigile componente, se obține

$$\frac{T_\Sigma^2}{Z} = (n-1) \cdot \lambda_{med}^2 \cdot T_{med}'^2, \qquad (9.18)$$

în care :

T_Σ este mărimea cîmpului de toleranță al elementului sumă (de închidere), identic cu precizia dorită T_0 a lanțului de dimensiuni ;

Z — coeficientul de risc, reprezentînd raportul dintre toleranța stabilită a elementului „i", T_i și dublul abaterii medii pătratice σ_i a elementului „i", adică

$$Z_i = \frac{T_i}{2\sigma_i}. \qquad (9.19)$$

$\lambda_i = \lambda_{med}$ — abaterea medie pătratică relativă care caracterizează legea de dispersie a erorilor celui de-al i-lea element al lanțului de dimensiuni și care ia valori cuprinse [3] între $\frac{1}{3}$ și $\frac{1}{9}$ pentru diferite legi de dispersie ale dimensiunilor acestora ;

T'_{med} — mărimea cîmpului de toleranță al elementelor componente ale lanțului de dimensiuni, aceeași pentru toate elementele.

Valorile coeficientului de risc Z, funcție de procentul de risc P cu care se dorește a se determina toleranța medie a verigilor componente ale lanțului de dimensiuni, după [3], sînt date în tabelul 9.1.

Tabelul 9.1

$P\%$	32	10	4,5	1,0	0,27	0,1	0,01
Z	1	1,65	2	2,53	3,00	3,29	3,89

Toleranța medie T'_{med}, conform acestei metode de asamblare cu interschimbabilitate parțială, rezultă din relația (9.18), adică

$$T'_{med} = \frac{T_0}{Z \cdot \lambda \sqrt{n-1}}, \qquad (9.20)$$

și are o valoare mai mare decît cea rezultată din formula (9.3), în cazul asamblării cu interschimbabilitate totală $\left(T_{med} = \frac{T_0}{n-1}\right)$,

pentru procente de risc P, alese la valori scăzute, făcînd prelucrarea pieselor mai economică și reducînd costul total al aparatului.

Mărimea procentului de risc P ales, ne va indica cota parte din produsele asamblate care nu vor satisface condițiile de funcționare impuse, costul cărora în construcția de aparate electrice de joasă tensiune, fiind mult inferior economiei realizate prin micșorarea preciziei de prelucrare a pieselor de asamblat după metoda interschimbabilității parțiale.

Un alt tip de asamblare îl constituie asamblarea după metoda de interschimbabilității de grup, cunoscută și sub numele de asamblare selectivă. Conform acestei metode, se elimină riscul de rebutare comparativ cu metoda interschimbabilității parțiale, cu toate că prelucrarea pieselor de asamblat se face cu toleranțe economice. Toleranța impusă, foarte mică — de ordinul μm — dificil de realizat, mai ales dacă nu se dispune de utilaje de înaltă precizie, sau de cadre cu calificare ridicată, se mărește de n ori, obținîndu-se o toleranță mai mare, T_e, toleranță economică sau de fabricație. Legătura dintre aceasta și toleranța T impusă pe desenul de execuție al pieselor este dată de relația

$$T_e = n \cdot T, \qquad (9.21)$$

în care : n reprezintă factorul de multiplicare al toleranțelor de execuție impuse.

După prelucrarea tuturor pieselor din lot la această toleranță T_e, ele se selectează prin măsurare cu instrumente de înaltă precizie în n grupe de dimensiuni, toleranța fiecărei grupe fiind egală chiar cu toleranța impusă pe desenul de execuție, adică $T = \frac{T_e}{n}$, Numerotînd cele n grupe de piese cu numere de la 1 la n, la asamblarea pieselor cu suprafețe conjugate se vor monta piese din grupe ce au același număr de ordine.

În literatură [1, 3, 5] se arată că din punct de vedere al omogenității ajustajelor, obținute în urma asamblării aplicînd metoda interschimbabilității de grup, cele mai bune rezultate se obțin cînd cîmpul de toleranță al celor două piese ce formează ajustajul sînt egale. Succesul acestei metode de asamblare este asigurat și de identitatea curbelor de dispersie a dimensiunilor pieselor, în limitele cîmpului de toleranțe mărit, așa după cum se vede în figura 9.5, ceea ce înseamnă că în fiecare din cele n grupe în care s-a împărțit cîmpul de toleranță

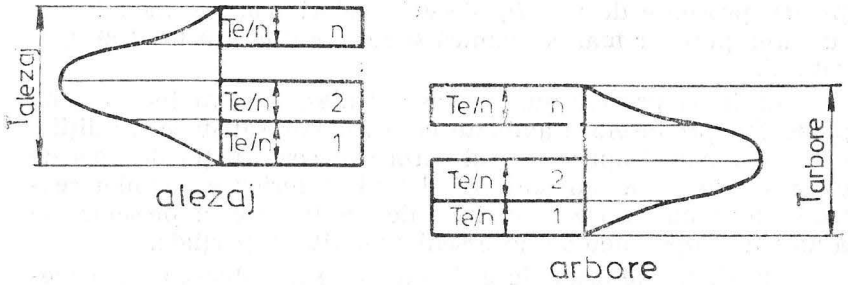


Fig. 9.5. Identitatea curbelor de dispersie a dimensiunilor pieselor de asamblat la utilizarea metodei de asamblare cu interschimbabilitate de grup.

T_e, să fie același număr de piese de tip arbore și de tip alezaj. De asemenea este recomandabil ca toleranța economică să fie cît mai mică, sortarea pieselor să fie organizată judicios și grupele de piese de asamblat să nu se amestece.

În fine, o altă metodă de asamblare utilizată la fabricația aparatelor electrice, o constituie asamblarea cu întrebuințarea unui compensator fix sau reglabil (asamblare cu reglare). Asigurarea preciziei impuse a elementului de închidere al lanțului de dimensiuni de asamblare se realizează prin variația mărimii unui element sau poziției lui, compensînd prin aceasta lipsurile de precizie ale executării pieselor. Și după această metodă toleranțele de execuție ale elementelor componente ale lanțului de dimensiuni T_i' sînt mai mari decît cele prescrise de proiectant în absența elementului de reglare T_i.

Excesul de dimensiune, T_r, dat de relația

$$T_r = \sum_{i=1}^{n-1} T' - \sum_{i=1}^{n-1} T_i, \qquad (9.22)$$

ca diferență dintre toleranța elementului de închidere la asamblare aplicînd metoda reglării, $\sum_{i=1}^{n-1} T'$, pentru cele n-1 elemente ale lanțului de dimensiuni de asamblare și toleranța prescrisă a elementului de închidere al lanțului de dimensiuni, $\sum_{i=1}^{n-1} T_i$, , se va înlătura, folosind compensatori ficși sau reglabili.

Ca formă constructivă, compensatorii ficși sînt obișnuit bucșe, șaibe, inele etc., însă față de compensatorii mobili, pe

lîngă faptul că trebuie realizați într-o varietate mare de trepte dimensionale, nu permit reglarea dimensiunilor funcționale în stare asamblată decît în trepte, egale cu lungimea (grosimea) compensatorului folosit.

Compensatorii mobili obișnuit folosiți sînt ansamble șurub piuliță sau pene, cu posibilitatea blocării acestora în poziția dorită, permițînd asigurarea preciziei de asamblare în condiții mai ușoare decît la utilizarea compensatorilor ficși.

Dintre avantajele asamblării cu compensatori mobili menționăm :

— posibilitatea asamblării în ritm impus a aparatului, deoarece timpul de asamblare variază foarte puțin de la un produs la altul ;

— eliminarea operațiilor de variație a dimensiunilor pieselor componente ale lanțului de dimensiuni de asamblare pentru asigurarea preciziei impuse ;

— posibilitatea refacerii preciziei inițiale a elementului de închidere prin reglări periodice etc.

Indicațiile de precizie a prelucrării la piesele ale căror dimensiuni nu formează ajustaje prin asamblare se vor face cu respectarea prevederilor din STAS 2300-75. În acesta se fixează abaterile limită pentru gama de dimensiuni cuprinsă între 0,5 și 4 000 mm pentru cotele fără indicații de toleranță, corespunzător a trei clase de precizie, așa cum se indică în tabelul 9.2.

Tabelul 9.2

Dimensiunea nominală, mm		De la 0,5 pînă la 3	Peste 3 pînă la 6	Peste 6 pînă la 30	Peste 30 pînă la 120	Peste 120 pînă la 315	Peste 315 pînă la 1 000	Peste 1 000 pînă la 2 000	Peste 2 000 pînă la 4 000
Abateri limită, mm	Clasa fină	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8
	Clasa mijlocie	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
	Clasa grosolană	—	±0,2	±0,5	±0,5	±1,2	±2	±3	±4

Prin dimensiuni fără indicații de toleranțe se înțeleg, în sensul precizat de STAS 2300-75, acele dimensiuni pentru care este satisfăcătoare precizia corespunzătoare condițiilor obișnuite

de execuție, obținute fără eforturi tehnologice speciale. Pe desenele de execuție ale unor asemenea piese, toleranțele pentru totalitatea acestor dimensiuni se înscriu într-o notă.

9.3. PROBLEME TEHNOLOGICE SPECIFICE ASAMBLĂRII CONTACTOARELOR ȘI DECLANȘATOARELOR ELECTROMAGNETICE DE JOASĂ TENSIUNE

Condițiile ce se impun aparatelor de conectare sau comandă de joasă tensiune sînt atît de diferite încît ar fi neeconomic să se construiască un aparat care să corespundă tuturor cazurilor de aplicare. Numărul mare de manevre [27] (de ordinul milioanelor) pe care trebuie să-l asigure un contactor electromagnetic, prezentînd deci siguranță deplină în funcționare și durată mare de utilizare, impun luarea unor măsuri tehnologice deosebite, atît la executarea părților componente, cît și la montare. Pe de altă parte, un declanșator electromagnetic al unui întreruptor automat de joasă tensiune trebuie să funcționeze sigur, chiar dacă nu s-a manifestat nici un defect în funcționare, într-o perioadă de cîteva zile, luni sau ani, de cînd întreruptorul era acționat și în acest caz trebuie luate măsuri tehnologice pentru asigurarea funcționării corespunzătoare, în întreaga perioadă de utilizare a acestor echipamente.

Avînd în vedere marea varietate constructivă a aparatelor electromagnetice din această categorie (contactoare, declanșatoare), ale căror tipuri constructive și probleme tehnologice au fost prezentate pe părți specifice în capitolele anterioare, în cele ce urmează se consideră cîte un exemplu de ansamblu de aparat electromagnetic, prezentîndu-se apoi problemele tehnologice specifice asamblării acestora.

Părțile componente ale unui contactor electromagnetic asamblat sînt indicate în figura 9.6. Astfel, bornele 1 înseriate cu contactele principale 2 permit comutația la alimentarea bobinei 3 plasată pe circuitul magnetic fix 4 acționînd asupra armăturii magnetice mobile 5. Ghidarea tijei izolante, de care sînt prinse contactele mobile și asupra căreia acționează armătura mobilă 5, se face de către piesele de ghidare 6, iar fixarea circuitului magnetic imobil 4, în carcasa din material

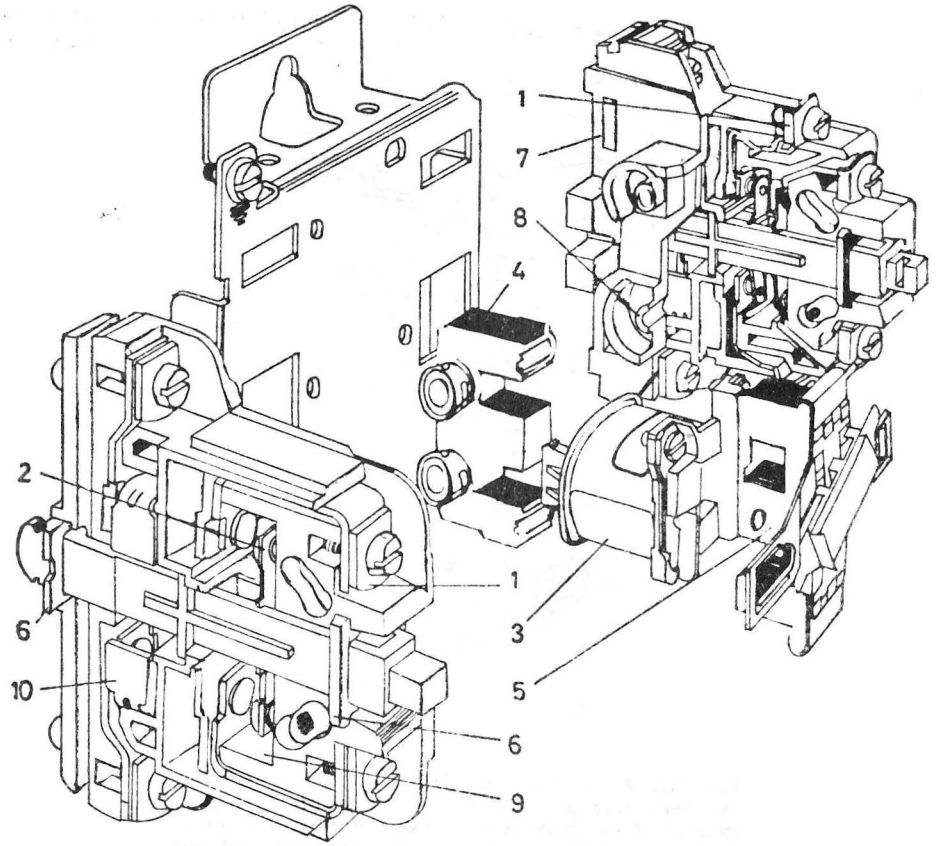


Fig. 9.6. Contactor electromagnetic cu mișcare de translație: 1 — borne de racordare; 2 — contacte principale; 3 — bobina electromagnetului de comandă; 4 — circuit magnetic fix; 5 — armătura magnetică mobilă; 6 — piese de ghidare; 7 — carcasă izolantă; 8 — locașuri de fixare a circuitului magnetic fix; 9 — cameră de stingere; 10 — piese metalice de deionizare.

termorigid 7 a contactorului, se face în locașurile 8 ale acestuia. Camera de stingere 9, care poate fi prevăzută sau nu cu dispozitive de stingere a arcului prin fracționare are în reprezentarea de mai sus piesele metalice de deionizare 10 a arcului electric. În această reprezentare nu este figurat resortul antagonist, care acționînd asupra tijei izolante menține în mod normal armătura mobilă 5, îndepărtată de armătura fixă și resoar-

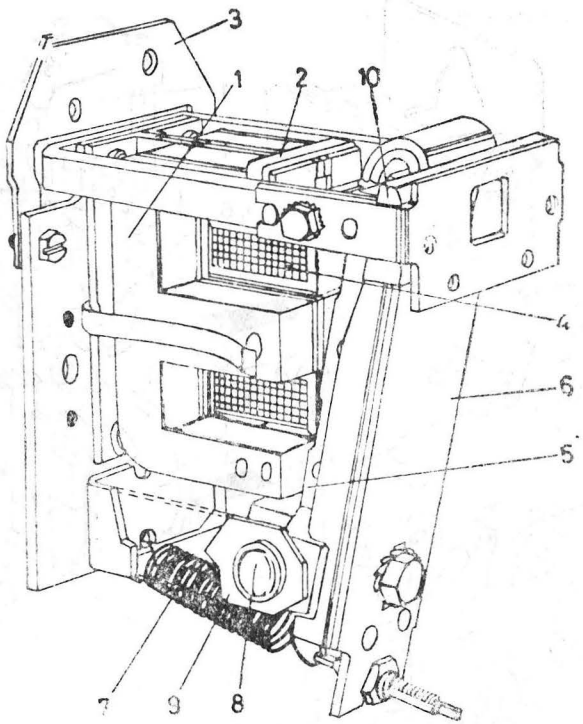


Fig. 9.7. Declanşator electromagnetic: 1 — circuit magnetic fix; 2 — spiră în scurtcircuit; 3 — placă suport; 4 — bobina declanşatorului; 5 — armătură magnetică mobilă; 6 — suportul armăturii mobile; 7 — resort antagonist; 8 — ax de rotaţie; 9 — palier de fixare a axului de rotaţie; 10 — amortizor.

tele ce acţionînd asupra punţii de contact mobile asigură presiunea în contact.

Un declanşator electromagnetic în stare asamblată este reprezentat în figura 9.7. La acesta, circuitul magnetic fix 1 în formă E prevăzut cu spira în scurtcircuit 2 este fixat de placa suport 3. Bobina 4 produce fluxul magnetic care atrage armătura mobilă 5 introdusă în suportul 6, învingînd forţa antagonistă a resortului 7. Rotaţia armăturii mobile se face în jurul axului 8, fixat între plăcile 9.

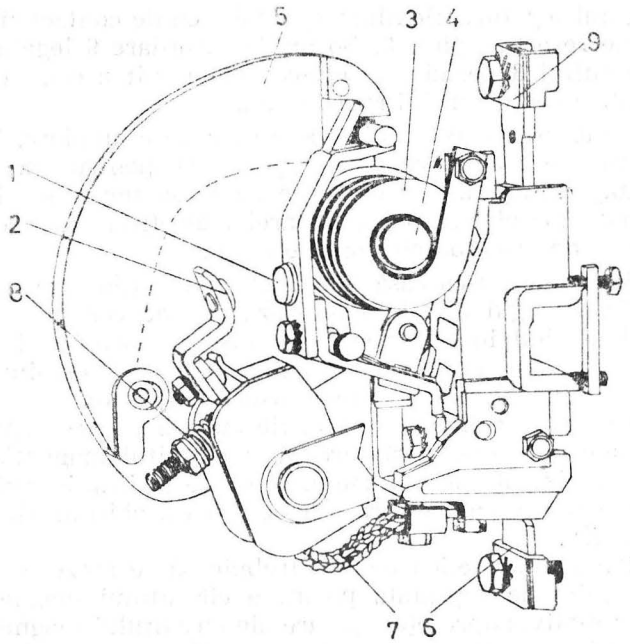


Fig. 9.8. Calea de curent a unui contactor cu mişcare de rotaţie: 1 — contact fix; 2 — contact mobil; 3 — bobină de suflaj; 4 — miezul magnetic al bobinei de suflaj; 5 — cameră de stingere; 6, 9 — borne de racordare în circuit; 7 — legătură flexibilă; 8 — resort pentru asigurarea presiunii de contact.

Amortizorul armăturii mobile 10 este executat obişnuit din materiale plastice.

Pentru curenţi mari şi în general la comanda circuitelor electrice în curent continuu se utilizează contactoare cu mişcare de rotaţie şi suflaj magnetic, ilustrat — fără partea de acţionare — în figura 9.8. Întreruperea circuitului în acest aparat are loc între contactul fix 1 şi contactul mobil 2 datorită suflajului magnetic exercitat de bobina de suflaj 3, înseriată în circuitul principal şi prevăzută cu miezul magnetic 4, care produce fluxul magnetic ce alungeşte arcul electric în interiorul camerei de stingere 5 pînă la realizarea stingerii lui. Legătura dintre borna de racordare 6 şi contactul mobil 2 se face prin

intermediul legăturii flexibile 7, presiunea de contact fiind asigurată de resortul spiral 8. Borna de racordare 9 legată de bobina de suflaj 3 permite înserierea în circuit a căii de curent principale a contactorului reprezentat.

La stabilirea succesiunii operațiilor de asamblare, indicate de schema de asamblare (vezi figura 9.1), pentru operațiunile de montaj ale aparatelor electrice de joasă tensiune din categoria contactoarelor și declanșatoarelor electromagnetice se vor ține seama de următoarele considerente :

1. Bobinele cu carcasă ale electromagneților de acționare vor fi fixate rigid de placa de bază sau de corpul izolant al aparatului, fiind independente de mișcarea armăturii mobile. Fixarea se poate face fie cu șuruburi, fie cu proeminențe ale carcasei bobinei ce pătrund în locașuri conjugate, practicate în corpul izolant al echipamentului, fie cu pene. Între suprafețele laterale ale bobinelor fără carcasă și circuitul magnetic se va prevedea o distanță de cca 2 mm, pentru a facilita introducerea, respectiv extragerea acestora. Ele se fixează obișnuit de miezul magnetic fix.

2. Partea magnetică mobilă trebuie să se așeze cu un întrefier minim pe suprafața polară a circuitului magnetic fix. Din acest motiv, suprafețele polare ale circuitului magnetic trebuie rectificate plan, cu abaterea medie a neregularităților $R_a \leqslant 1{,}6$ µm și cu abateri de la perpendicularitate față de axa longitudinală a circuitului magnetic mai mici decît 0,01.

3. Pentru a rezista în bune condițiuni la numărul mare de manevre pentru care se garantează funcționarea, amortizarea șocului de anclanșare al electromagneților se face prin montarea circuitului magnetic fix și a spirei în scurtcircuit peste straturi intermediare de cauciuc siliconic sau alt material de preluare a vibrațiilor. După declanșare, dispozitivul de limitare (amortizare) asigură oprirea armăturii mobile fără vibrații.

4. Ghidarea pieselor mobile din materiale termorigide sau metale trebuie realizată cu coeficient de frecare mic pe tot parcursul deplasării lor și partea magnetică mobilă trebuie să se așeze coaxial pe axa geometrică a circuitului magnetic fix. În funcție de dimensiunile circuitului magnetic, abaterile de la coaxialitate sînt cuprinse între zecimi de mm pînă la 1 mm.

5. Înlocuirea părților aparatelor supuse uzurii (bobina, contacte etc.) să se poată face fără demontarea completă a aparatului. De asemenea, pentru aparatele de comutație prevăzute să funcționeze în condiții grele trebuie să existe posibilitatea verificării stării contactelor fără întreruperea funcționării.

6. În cazul circuitelor magnetice, funcționînd în curent continuu este necesar să se plaseze pe suprafața polară un distanțier din material nemagnetic (aluminiu, masă plastică, etc.), pentru anularea menținerii atrase a armăturii mobile datorită remanenței.

7. Cursa între contacte și în contact, pentru aparatele de comutație și cursa echipajului electromagnetic mobil pentru declanșatoarele electromagnetice, trebuie verificată, reglată și respectată conform instrucțiunilor tehnologice de montaj.

8. Pentru asigurarea unor legături electrice corecte la bornele de racordare ale aparatelor, pentru curenți nominali de pînă la 63 A, se vor respecta cuplurile de strîngere din STAS 553-73 indicate în tabelul 9.3, pentru diferite domenii ale curenților cărora le corespund șuruburi, avînd diametre bine precizate.

Tabelul 9.3

Curentul nominal, I_n, A	≤6	6÷10	10÷16	16÷25	25÷40	40÷63
Tipul șurubului, mm	M3	M3,5	M4	M4	M5	M5
Cuplul de strîngere, Nm	0,5	0,8	1,2	1,2	2	2

9. Resoartele care asigură forțele antagoniste trebuie să aibă un pas de înfășurare egal pe toată lungimea. Nu este admisă întinderea resoartelor gata confecționate. Capetele resoartelor care lucrează la compresiune trebuie să aibă spire de capăt astfel realizate încît să constituie suprafețe de sprijin plane, perpendiculare pe axa geometrică a resortului. Pentru evitarea instabilității transversale a resoartelor elicoidale lungi se recomandă prevederea unui ghidaj interior sau exterior.

10. La aparatele de comutație trebuie să se asigure și să se respecte presiunea de contact prescrisă în documentația tehnologică de montaj.

11. În procesul tehnologic de asamblare mecanică și al montajului legăturilor electrice ale aparatelor electromagnetice, precum și după terminarea lor este necesar să se asigure un control tehnic amănunțit asupra lucrărilor executate, cu efectuarea încercărilor de control prevăzute în norme sau standarde.

În afara acestor considerente tehnologice generale, la asamblarea aparatelor din grupa contactoarelor și declanșatoarelor electromagnetice se vor respecta și o serie de cerințe tehnologice legate de domeniul de utilizare, frecvență de acționare, condiții climatice etc., care vor fi precizate în documentația tehnologică de fabricație.

9.4. PROBLEME TEHNOLOGICE SPECIFICE ASAMBLĂRII RELEELOR ELECTROMECANICE ȘI TERMICE

Releele electromecanice (electromagnetice, magnetoelectrice de inducție, electrodinamice etc.) se caracterizează din punct de vedere tehnologic prin aceea că au în compunerea lor un circuit magnetic, una sau mai multe înfășurări, un echipaj mobil ce acționează asupra sistemului de contacte, parcurs în general de curenți de valori relativ mici ($I<5$ A), un mecanism de reglare a mărimii supravegheate și un sistem de semnalizare a funcționării.

În ceea ce privește asamblarea releelor electromecanice, trebuie să se țină cont de următoarele :

1. Fixarea capacului releului trebuie să se efectueze cu alte șuruburi decît cele folosite la fixarea releului. Să nu se poată scoate capacul fără desfacerea unui sigiliu de control.

2. Reglarea mărimii de protejat trebuie să se poată efectua numai după demontarea capacului, însă anularea indicației de funcționare să fie posibilă fără demontarea acestuia.

3. Lipiturile conductorilor care asigură realizarea schemei electrice a releului trebuie făcute fără exces de aliaj de lipit și fără a lăsa stropi de aliaj pe piesele învecinate. Decapantul folosit la lipire este recomandat a fi neacid.

4. Blocarea șuruburilor și piulițelor prevăzute în desen se va face îngrijit, fără exces de material de blocare, astfel ca la uscarea materialului de blocare să fie împiedicată deșurubarea. Pelicula de material se va depune de preferință pe capătul filetat al șuruburilor, în jurul porțiunii ce iese din piesa filetată. Dacă se blochează capătul crestat al șuruburilor, trebuie avut în vedere ca materialul de blocare să facă o bună legătură între șurub și piesa fixă.

5. Jocul în lagăre, la releele cu armătură rotitoare, trebuie să împiedice o deplasare pe orizontală a oricărui punct a armăturii pe o distanță mai mare decît cea prescrisă (de exemplu, 0,05 mm) la înclinarea releului față de axa verticală.

6. Se va respecta la montaj : perpendicularitatea șasiului față de piesa (placa) de bază, paralelismului acestuia cu marginile piesei de bază, întrefieruri egale și uniforme pe direcție radială pentru diverse poziții ale echipamentului mobil față de armăturile fixe etc.

7. Asamblarea resoartelor (resortului) spirale, de exemplu, poziția 10 din figura 9.9, cu axul de rotație, se poate face prin lipire (cu aliaj Pb-Sn sau cu amestecuri adezive pe bază de rășini epoxidice cu un bogat conținut de pulbere de argint), avînd grijă ca resortul să fie bine centrat față de acesta, să aibă spirele într-un plan perpendicular față de ax, să nu aibe spire

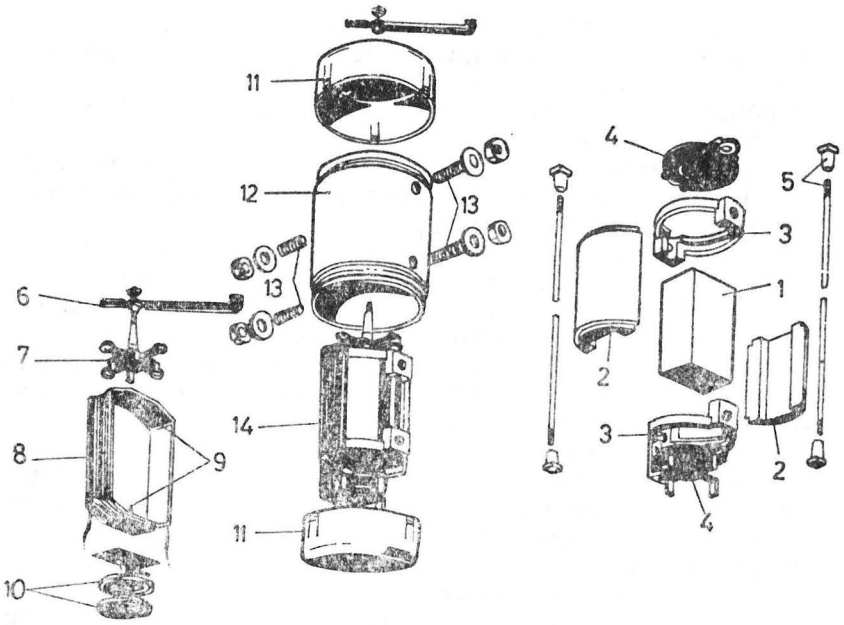


Fig. 9.9. Releu magnetoelectric : 1 — magnet permanent ; 2 — piese polare ; 3 — inel de asamblare ; 4 — suspensie elastică cu lagăr de safir ; 5 — tiranți reglabili ; 6 — tijă port contact ; 7 — axa tijei port contact și contragreutății ; 8 — bobina mobilă ; 9 — pivoți ; 10 — resoarte spirale ; 11 — capace de închidere ; 12 — carcasă exterioară ; 13 — piese de asamblare și fixare ; 14 — releul magnetoelectric, asamblat.

deformate sau urme de material de lipire (eventual de decapant) între spirele acestuia.

8. Lipsa de fidelitate la funcționarea releului (sau aparatului de măsură funcționînd pe același principiu) se datorește în general nerespectării condițiilor de montaj ale armăturii mobile (joc prea mic sau prea mare în lagăre), nerespectarea condițiilor cu privire la distanța între spirele resortului antagonist sau unor piese defecte (vîrfurile 9, figura 9.9, nu sînt prelucrate corespunzător) sau materialul din care sînt confecționate nu are duritatea impusă, găurile pentru pivoții 9, figura 9.9, nu sînt axiale, lagărele axiale ale echipajului mobil au suprafața murdară sau cu spărturi în cazul releelor cu piatră de crater din rubin sau safir, există bavuri pe suprafețele de frecare ale ansamblului, etc. Pentru asigurarea fidelității în funcționare trebuiesc îndepărtate cauzele ce le-au produs și nu se folosesc elemente de reglaj.

9. Distanța minimă între contacte prescrisă, trebuie respectată și se verifică cu ajutorul lerei de grosime egală cu cea prevăzută în documentație, la contactele normal deschise cu armătura mobilă neatrasă, iar la contactele normal deschise cu armătura mobilă atrasă.

10. Trebuie, de asemenea, respectată valoarea minimă a forței de apăsare pe contacte pentru care se stabilește valoarea maximă a căderii de tensiune pe contact.

11. La releele cu două sau mai multe game de reglaj trebuie efectuată suprapunerea gamelor prin rotirea ușoară a butonului de reglaj desprins de pe axul central, astfel ca valorile de funcționare să se încadreze în normal.

12. Pentru realizarea semnalizării corecte a funcționării releelor este necesar ca piesele dispozitivului de semnalizare să fie îngrijit executate și fără bavuri, iar montarea și reglarea lor să se facă corespunzător.

Releele termice asigură protecția consumatorilor electrici împotriva suprasarcinilor, avînd în construcția lor ca element sensibil o lamelă bimetalică (vezi capitolul 8), încălzită direct sau indirect de curentul de supravegheat și care prin încovoiere acționează asupra contactelor sale de comandă. Spre deosebire de acestea, declanșatoarele termobimetalice funcționînd după același principiu ca și releele termice acționează mecanic asupra mecanismului unui aparat de comutație (întreruptor automat).

Elementele componente ale unui releu termic sînt evidențiate în figura 9.10.

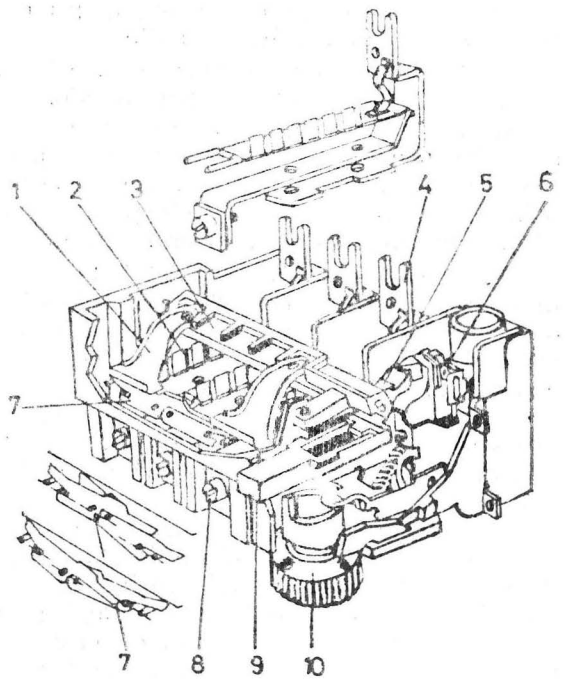


Fig. 9.10. Releu termobimetalic: 1 — levier de declanșare; 2 — element termic bimetalic; 3 — tijă de declanșare; 4, 8 — borne de racordare în circuitul principal; 5 — bimetal de compensare; 6 — contact de comandă; 7 — dispozitiv diferențial; 9 — tijă de rearmare; 10 — buton de reglare al curentului de acționare.

Problemele tehnologice specifice asamblării releelor termobimetalice sînt :

1. La elementele bimetalice încălzite indirect, poz. 2 din figura 9.10, rezistența de încălzire trebuie să fie bobinată cu pas uniform pe lungimea izolată a elementului bimetalic. Fixarea rezistenței de încălzire la unele construcții se face prin sudură cu încălzire electrică de contact, utilizînd aparate de sudat electric în puncte. În acest caz trebuiesc luate măsuri de evitare a arderii (perforării) benzii rezistive avînd grosimi între 0,1—0,4 mm, prin reglarea corespunzătoare a curentului transformatorului de sudură ce alimentează instalația de sudat în puncte. Un curent prea mic realizează o sudură slabă, care se dezlipește ușor. Aceleași restricții se pun și la asamblarea prin sudură în puncte a legăturilor flexibile de racordare a rezistențelor de încălzire (vezi detaliu figura 9.10).

2. Izolarea bimetalului la încălzirea indirectă trebuie făcută cu un strat de mică sau hîrtie de azbest, în așa fel încît

muchiile sale să nu taie izolația, producînd scurtcircuitarea unor spire ale înfășurării încălzitoare.

3. La elementele releelor termice încălzite direct, cu șunt, o importanță deosebită pentru funcționare o constituie asigurarea unei rezistențe cît mai reduse de contact între bimetal și șunt. Pentru asigurarea acesteia, atît capetele bimetalului cît și ale șuntului și pieselor de racordare se argintează, se sudează prin puncte pentru curenți de pînă la 50 A și se nituiesc cu nituri din cupru pentru curenți ce depășesc această valoare.

4. Reglarea, conform STAS 4480-74, se face pentru fiecare bimetal de pe fază, corectînd distanța dintre acesta și pîrghia de declanșare. După reglare, șuruburile care au permis modificarea distanței de mai sus, se blochează, sigilîndu-le cu rășini epoxidice sau vopsele sicative.

5. Deplasarea pîrghiei de declanșare, confecționată din material izolant, nu trebuie să fie împiedicată în nici o porțiune a cursei sale, de aceasta depinzînd funcționarea corectă a releului termic.

6. Forța de apăsare în contactul de comandă al releului, asigurată de un resort, obișnuit elicoidal, în general cuprinsă între 0,20 și 0,50 N, trebuie verificată și reglată conform prescripțiilor din documentația tehnologică de fabricație.

Dat fiind faptul că există o mare varietate de construcții de relee, atît electromecanice cît și termice, asamblarea acestora se face ținînd cont atît de cerințele tehnologice specifice expuse mai sus, cît și de cerințele tehnologice rezultate din aplicarea nemijlocită a procedeelor tehnologice pe baza cărora se realizează aparatele respective.

9.5. PROBLEME TEHNOLOGICE SPECIFICE ASAMBLĂRII DISPOZITIVELOR CU MAGNEȚI PERMANENȚI

Materialele magnetic dure (vezi 6.5) sînt utilizate : în construcția aparatelor magnetoelectrice (relee sau aparate de măsură) sub formă de piese polare fixe, care creează cîmpul magnetic necesar funcționării lor (vezi poz. 2, figura 9.9), ca pastile magnetice înglobate în circuite feromagnetice la declanșatoarele electromagnetice rapide, figura 9.11, *a*, și dispozitive de frînare de la relee de inducție sau contoare de energie electrică, fi-

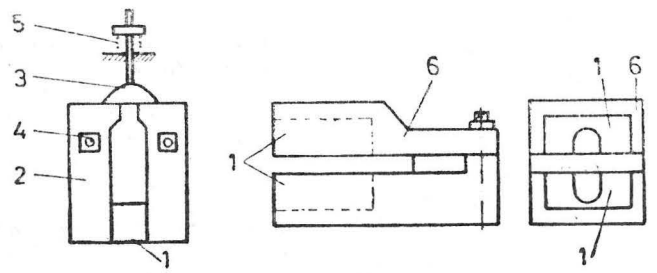


Fig. 9.11. Circuite magnetice cu magneți permanenți : a — declanșator electromagnetic ultrarapid ; b — dispozitiv de frînare cu magneți permanenți : 1 — magnet permanent ; 2 — circuit feromagnetic ; 3 — armătură mobilă ; 4 — bobină de excitație ; 5 — resort ; 6 — aliaj nemagnetic turnat.

gura 9.11, *b*, sau la construcția platourilor magnetice, figura 9.12, pentru fixarea pieselor feromagnetice în vederea prelucrării lor mecanice etc.

Din punct de vedere al tehnologiei lor de asamblare, se deosebesc :

— magneți permanenți fixați prin aderență feromagnetică și menținuți de plăci din oțel care le împiedică deplasarea ;

— magneți permanenți fixați prin înglobare împreună cu circuitul feromagnetic în compoziții de turnare metalice (silumin) ;

— magneți permanenți fixați prin lipire cu lianți epoxidici sau gudronați.

Oricare ar fi procedeul tehnologic de asamblare al magneților permanenți, în prealabil aceștia trebuie supuși unei operații de demagnetizare.

Este cunoscut faptul că deschiderea circuitului magnetic cu magneți permanenți conduce la deplasarea punctului de funcționare de pe curba de demagnetizare [14, 17], micșorînd inducția magnetică utilă în întrefierul de lucru.

Magnetizarea în circuit închis [47] după asamblarea pastilei cu circuitul feromagnetic, utilizînd instalații de mag-

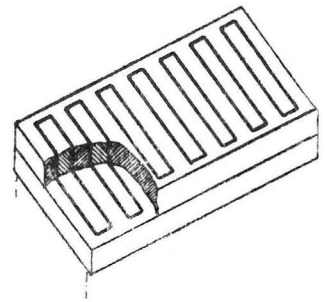


Fig. 9.12. Platou magnetic cu magneți permanenți.

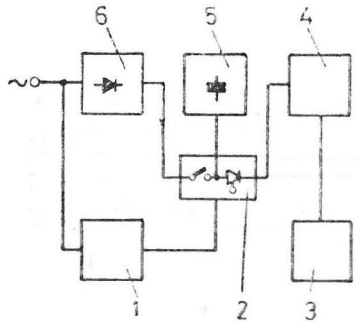


Fig. 9.13. Schema bloc a unei instalații de magnetizare cu impuls de curent: 1 — bloc de comandă; 2 — bloc de comutație; 3 — bloc de măsură; 4 — transformator de impuls de curent; 5 — baterie de condensatoare; 6 — bloc de redresare.

netizare cu impuls de curent, figura 9.13, permițînd magnetizarea la saturație a pastilei de magnet permanent a condus atît la ridicarea performanțelor aparatelor ce le înglobează, cît și la posibilitatea reducerii volumului magnetului permanent, deci la importante economii de materiale dintre care unele deficitare (de exemplu, cobalt).

Problemele tehnologice care se pun la asamblarea pastilelor magnetice sînt următoarele :

1. Trebuie evitată depozitarea pastilelor magnetice, magnetizate, datorită pericolului de acumulare pe suprafețele lor polare de așchii (șpan) feromagnetice ce s-ar introduce în construcția aparatului la montare sau în cursul operațiilor de asamblare.

2. La asamblarea magneților permanenți în circuite feromagnetice și fixați prin aderență, aceștia trebuie să prezinte fie o ușoară remanență magnetică rezultată în urma operației de magnetizare, fie să fie remagnetizați înainte de asamblare. În cazul circuitelor magnetice din tole, tolele marginale (de protecție) se fixează printr-unul din procedeele indicate în capitolul 6, atît peste tolele circuitului magnetic moale, cît și peste pastila magnetică, în conformitate cu figura 9.14.

3. Asamblarea pastilelor magnetice prin înglobare în aliaje turnate se poate face prin diferite procedee de turnare, ca, de exemplu : turnare staționară în cochilă, turnare prin vibrație, turnare centrifugală, turnare sub presiune etc. Dintre cele amintite, cel mai productiv procedeu este turnarea sub presiune. Presiunea este exercitată atît asupra metalului ușor fuzibil în timpul turnării, cît și după umplerea cochilei în timpul solidificării acestuia. Calitatea asamblării pastilelor magnetice

în aliaje turnate mai depinde, în afară de valoarea presiunii exercitate asupra aliajului topit, de viteza de umplere a cavității cochilei cu metale, de temperatura metalului și a cochilei etc.

4. Pentru a face rentabilă asamblarea prin înglobare în aliaje turnate, în cazul seriilor mici de fabricație, trebuie să se recurgă la construcții de cochile cu blocuri de formare schimbabile, montate în blocuri suport universale, ceea ce permite reducerea costurilor cochilelor și diversificarea producției de ansambluri înglobate în aliaje turnate.

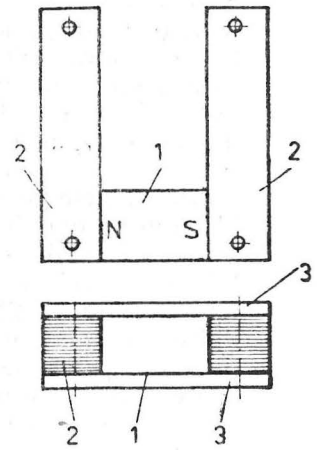


Fig. 9.14. Magnet permanent asamblat prin aderență feromagnetică: 1 — pastilă magnetică; 2 — tolele circuitului magnetic; 3 — tole marginale.

5. Un platou magnetic, constituit, de exemplu, din două sisteme magnetice suprapuse, prezentat în figura 9.15, poate să se afle în situația de lucru, poziția a din figura 9.15, cînd polii de același fel se suprapun și piesa de fixat este reținută pe suprafața polară sau în situația deconectat, figura 9.15, poziția b, cînd prin translația sistemului II se suprapun polii de polaritate inversă. Asamblarea pastilelor magnetice pentru realizarea sistemelor platoului, trebuie precedată de degresarea acestora și așezarea lor pe o placă nemagnetică, astfel ca doi magneți învecinați, magnetizați, să se respingă între

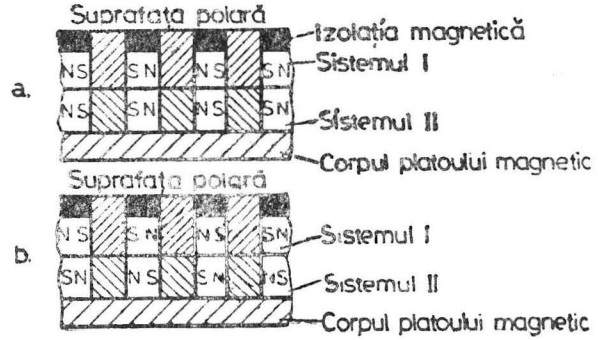


Fig. 9.15. Platou magnetic deconectabil: a — în poziție de lucru; b — în poziție deconectat.

ei. Asamblarea propriu-zisă se face lipind cu ajutorul unui liant (epoxidic, gudronat etc.), care se aplică într-un strat subțire pe suprafețele conjugate ale pastilelor magnetice, după care, pentru micșorarea întrefierurilor dintre piesele feromagnetice de care sînt fixate pastilele, se efectuează o operație de împănare (strîngere). După uscarea în cuptor a ansamblului, la temperaturi mai mici de 120°, funcție de tipul liantului, se frezează capetele penelor și se rectifică plan suprafețele active ale blocului (sistemului) obținut.

6. Magneții ceramici crăpați sau sparți datorită transportului sau a prelucrărilor mecanice pot fi restabiliți prin lipire, fără ca proprietățile lor magnetice să sufere. După magnetizare lipirea acestora se face cu liant gudronat, aplicat în strat subțire pe suprafețele în prealabil degresate. Pentru accelerarea procesului de uscare la care trebuie supuse pastilele restabilite, se pot folosi etuve încălzite la 100—120 °C.

În problemele tehnologice prezentate mai sus sînt omise operațiile de asamblare mecanică ale diverselor piese și părți de aparate electrice, care se vor efectua după tehnologiile cunoscute din construcțiile de mașini.

BIBLIOGRAFIA

1. P. V. Saharov. *Tehnologia electroaparatostroeniia.* Energeticescoe izdatelstvo, Moskva, Leningrad, 1965.
2. A. Nanu. *Tehnologia materialelor.* Ed. II, Editura didactică și pedagogică, București, 1977.
3. G. Drăghici. *Tehnologia construcțiilor de mașini.* Editura didactică și pedagogică, București, 1977.
4. I. Drăgan, I. Ilca, S. Badea, E. Cazimirovici. *Tehnologia deformărilor plastice.* Editura didactică și pedagogică, București, 1979.
5. C. Picoș. *Tehnologia construcției de mașini.* Editura didactică și pedagogică, București, 1974.
6. C. Iliescu. *Tehnologia ștanțării și matrițării la rece.* Editura didactică și pedagogică, București, 1977.
7. F. D. Lăzăroiu, N. Ghiță. *Tehnologia construcției mașinilor și trasformatoarelor electrice.* Editura didactică și pedagogică, București, 1964.
8. F. D. Lăzărou. *Mașini electrice de mică putere.* Editura tehnică, București, 1965.
9. M. L. Begeman, B. H. Amstead. *Manufacturing processes.* Sixth edition, Wiley International Edition, New York, London, Sydney, Toronto, 1968.
10. V. A. Voloratov. *Ștanțarea fără deșeuri și cu deșeuri puține a pieselor din tablă* (trad. din l. rusă). Institutul de documentare tehnică, București, 1964.
11. C. Mihăileanu (Coordonator). *Energia în următoarele trei decenii.* Editura Academiei R.S.R. București, 1979.
12. H. B. Maynard (Editor șef). *Manual de inginerie industrială.* Vol. II, III, Editura tehnică, București, 1976, 1977.
13. G. Hortopan. *Aparate electrice.* Editura didactică și pedagogică, București, 1972.
14. I. Suciu. *Bazele echipamentelor electrice.* Editura Facla, Timișoara, 1980.
15. I. Suciu. *Bazele calculului solicitărilor termice ale aparatelor electrice.* Editura tehnică, București, 1980.
16. P. Leonte. *Bazele teoretice ale aparatelor electrice.* Litografia Institutului Politehnic Iași, 1970.

17. A. Vasilievici. *Aparate electrice.* Vol. I, Litografia Institutului politehnic „Traian Vuia", Timișoara, 1976.
18. A. Vasilievici, L. Moldovan. *Aparate electrice.* Vol. II, Litografia Institutului politehnic „Traian Vuia", Timișoara, 1976.
19. B. Herșcovici. *Aparate electrice (Teorie și încercări).* Reprografia Universității din Craiova, 1974.
20. G. Hortopan, G. Cosmin, M. Huhulescu, V. Panaite, D. Simulescu, R. Tomoioagă. *Aparate electrice de joasă tensiune.* Editura tehnică, București, 1969.
21. B. Máthé, D. Cîrstea, E. Feldman, O. Rarinca. *Încercarea aparatelor electrice.* Editura tehnică, București, 1976.
22. L. Moldovan, *Curs de tehnologia fabricării aparatelor electrice.* Facultatea de electrotehnică, Timișoara, 1978.
23. D. Simulescu, M. Huhulescu, V. Caisîn, I. Călin. *Aparate electrice de joasă tensiune-montare, întreținere, exploatare.* Editura tehnică, București, 1971.
24. S. Cănescu, T. Cănescu. *Construcția, întreținerea și exploatarea contactoarelor.* Editura tehnică, București, 1967.
25. F. Aldea, S. Cănescu. *Bimetalul și aplicațiile lui în electrotehnică.* Editura tehnică, București, 1973.
26. F. Kaspar. *Termobimetalle in der Elektrotechnik.* Verlag Technik, Berlin, 1960.
27. T. Cănescu, M. Huhulescu, R. Dordea. *Aparate electrice de joasă tensiune, îndreptar.* Ediția a II-a revăzută și completată, Editura tehnică, București, 1977.
28. M. Huhulescu. *Bobinarea aparatelor electrice de joasă tensiune.* Editura tehnică, București, 1978.
29. M. Mihăescu. *Rășini epoxidice folosite în electrotehnică.* Editura tehnică, București, 1965.
30. G. Rau. *Thermobimetalle, Grundlagen, Herstelung, Eigenschaften.* Pforzheim, 1978.
31. G. Rau. *Kontakte, Grundlagen, Werkstoffe, Gestaltung, Auswahl.* Pforzheim, 1979.
32. * * * *Kontaktschweissverfahren in Baukasten.* H. A. Schlatter, 1977.
33. * * * *Dispozitive de stingere a arcului în curent alternativ de joasă tensiune.* Institutul de documentare tehnică, București 1962.
34. * * * *Asamblarea pe bandă rulantă a aparatajului electric.* Institutul de documentare tehnică, București, 1963.
35. R. Voigt. *Elektrische Widerstände.* VEB Verlag Technik, Berlin, 1969
36. * * * *Grilles de résistance en fonte Gino, Gielen, Nothnagel.* Bonn, 1979.
37. I. Suciu. *Teoria electromagneților. Aparate de automatizare, aparate de pornire și reglare.* Litografia Institutului politehnic Timișoara, 1968.
38. * * * *Geklebte Blechpakete.* Vacuumschmelze GmBH, Hanau, 1978.
39. * * * *Elektro-Bauteile,* Waasner, Katalog G 12/1975.
40. * * * *Neue Siferit-Kerne für Schaltnetzteile,* Siemens, 1978.
41. I. Suciu. *Calculul distribuției temperaturii staționare în sistemele conductoare neomogene, în cazul general cu „n" contacte frontale echidistante,* EEA-Electrotehnica 24 (1976), nr. 8.
42. I. Barbu. *Contribuții privind unele fenomene electrotermice din siguranțele fuzibile și modelarea lor.* Teză de doctorat, Timișoara, 1971.

43. I. Suciu, A. Vasilievici, L. Moldovan. *Cercetări teoretice și experimentale privind aparatele de comandă, protecție și automatizare folosite în sistemele de transport cu motoare lineare.* Contract de colaborare IPT—MICMG, București, 1973.
44. * * * *Das Kanthal Thermobimetall Handbuch,* Orstadius, Göteborg, 1974.
45. * * * *Télémécanique* Bulletin technique no. 89, Paris, 1976.
46. * * * *Enciclopédie des sciences industrielles Quillet.* Tome 3, 4, Librairie A. Quillet, Paris, 1973, 1974.
47. I. Suciu, I. Delesega, N. Fântână, L. Moldovan, A. Vasilievici, P. Andea, C. Ghiță, I. Bivolaru, N. Năchescu. *Instalație de magnetizare prin impuls a dispozitivelor de frinare de la contoarele de inducție.* A II-a Conferință de magnetism, Iași, 1980.
48. I. Suciu, A. Vasilievici, L. Moldovan, N. Sterca. *Contribuții la realizarea unui platou electromagnetic cu poli transversali.* Buletinul științific și tehnic al I.P.T., Seria electrotehnică, Tom 19 (33), fasc. 2/1974.
49. L. Moldovan, I. Suciu, A. Vasilievici. *Optimizarea parametrilor constructivi ai bobinelor de șoc folosite la iluminatul fluorescent.* Buletinul științific și tehnic al I. P. Timișoara. Seria electrotehnică, Tom 19 (33), fasc. 2/1974.
50. I. Suciu, L. Moldovan, I. Delesega. *Recherches expérimentales concernant l'influence de la charge constituée par des plaques ferromagnétiques sur la force engendrée par des électroaimants élevateurs.* Buletinul științific și tehnic al I. P. Timișoara, Seria electrotehnică, Tom 23 (37), fasc. 2/1978.
51. A. Vasilievici, L. Moldovan. *Asigurarea controlului electric împotriva manevrelor greșite în schemele de comandă ale aparatajului electric.* ICEMENERG București, 1980.
52. * * * *Colecția Standardelor de Stat.*
53. * * * *Cataloage de aparate electrice fabricate în R. S. România.*
54. * * * *Kammerer, Profil — Toplay.* Pforzheim, 1979.
55. * * * *Catalog MICAFIL, FL-121.* Zürich, 1970.

CUPRINS

Prefață 5
1. Caracteristicile și particularitățile fabricației aparatelor electrice de joasă tensiune 7
1.1. Principii generale de alcătuire a proceselor tehnologice de fabricație a aparatelor electrice 7
1.1.1. Introducere 7
1.1.2. Construcția de aparate electrice ca ramură a construcției de mașini 9
1.1.3. Etapele elaborării proceselor tehnologice de fabricație a aparatelor electrice 10
1.2. Particularitățile tehnologiei aparatelor electrice de joasă tensiune 13
1.2.1. Caracteristicile tehnologice ale fabricației aparatelor electrice 13
1.2.2. Formele și structura producției de aparate electrice de joasă tensiune 16
1.3. Tendințe actuale de introducere a tehnologiilor noi și de raționalizare a celor existente în construcția aparatelor electrice 17
1.3.1. Introducerea proceselor tehnologice cu productivitate ridicată și cu consum de materiale redus 17
1.3.2. Reducerea consumurilor de energie și accelerarea proceselor tehnologice de lungă durată 20
1.3.3. Mecanizarea și automatizarea proceselor tehnologice de fabricație a aparatelor electrice 22

2. Piesele de contact și părțile componente ale acestora 24
2.1. Materiale utilizate la construcția contactelor 24
2.2. Formele constructive ale contactelor aparatelor electrice 28
2.3. Tehnologia fabricării contactelor din materiale trase sub formă de sîrmă sau din bare 31
2.4. Tehnologia fabricării contactelor ștanțate din benzi și table 36
2.5. Tehnologia fabricării contactelor cu aplicații din argint, materiale metalo-ceramice și alte compoziții 38
2.6. Asupra alegerii corecte a materialelor de contact 41
2.7. Alegerea mărimii suprafeței de contact, a formei contactului și a forței de apăsare pe contacte 43
3. Bobine de curent (serie) și legături electrice rigide și flexibile 46
3.1. Domenii de utilizare și materiale folosite 46
3.2. Căi de curent din bare rigide. Caracteristici electrice și tehnologice de realizare și montare 47
3.3. Tehnologia realizării legăturilor electrice flexibile 61
3.4. Bobine de mari intensități — tehnologii specifice de realizare 66
4. Bobine de tensiune (derivație) din conductori de bobinaj 73
4.1. Clasificări și procese tehnologice tip 73
4.2. Materiale utilizate la confecționarea bobinelor 77
4.2.1. Materiale conductoare folosite la realizarea bobinelor 77
4.2.2. Materiale izolante folosite la realizarea bobinelor 82
4.2.3. Materiale auxiliare folosite la realizarea bobinelor 91
4.3. Tehnologia fabricării bobinelor și utilaje specifice 95
4.3.1. Datele de înfășurare 95
4.3.2. Tehnologia executării bobinelor cilindrice pe carcase 96
4.3.3. Tehnologia bobinelor cilindrice fără carcase 103
4.3.4. Tehnologia bobinării pe miezuri toroidale 104
4.4. Tehnologia impregnării bobinelor 106
4.5. Tehnologia înglobării bobinelor în rășini de turnare 111

5. Rezistențe electrice de putere 118
5.1. Domenii de utilizare și forme constructive 118
5.2. Materiale utilizate la fabricarea rezistențelor electrice 122
5.3. Tehnologia fabricării elementelor de rezistor sub formă de fire sau benzi 126
5.4. Tehnologia fabricării elementelor de rezistor turnate și ștanțate 129
5.5. Asamblarea elementelor de rezistor 131
5.6. Mărimi ce influențează siguranța în funcționare a rezistoarelor și reostatelor 135
6. Miezuri magnetice specifice construcției de aparate electrice 138
6.1. Forme constructive și materiale utilizate 138
6.1.1. Miezurile magnetice ale aparatelor de curent continuu 138
6.1.2. Miezurile magnetice ale aparatelor de curent alternativ 140
6.1.3. Miezuri magnetice obținute prin presare 142
6.2. Procesul tehnologic de fabricare a miezurilor magnetice masive 143
6.3. Procesul tehnologic de fabricare a miezurilor magnetice din tole 144
6.3.1. Tehnologia ștanțării tolelor miezurilor magnetice împachetate 145
6.3.2. Tehnologia prelucrării tolelor miezurilor magnetice împachetate 152
6.3.3. Tehnologia împachetării și asamblării miezurilor magnetice 154
6.4. Procesul tehnologic de fabricare a miezurilor magnetice spiralizate 158
6.5. Procesul tehnologic de fabricare al miezurilor magnetice sinterizate din pulberi 160
7. Siguranțe fuzibile de joasă tensiune. Caracteristici tehnologice ale elementului înlocuitor 163
7.1. Generalități și materiale utilizate 163
7.2. Tehnologia realizării elementelor înlocuitoare cu fuzibile lamelare 168
7.3. Tehnologia realizării elementelor înlocuitoare cu fuzibile filiforme 179
8. Elemente termobimetalice 184
8.1. Utilizarea termobimetalelor în construcția aparatelor electrice 184

8.2. Tipuri constructive de termobimetale 185
8.3. Materiale utilizate pentru construcția termobimetalelor 191
8.3.1. Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească materialele utilizate 191
8.3.2. Proprietățile aliajelor fier-nichel 193
8.3.3. Materiale folosite pentru elementele termobimetalice 196
8.4. Procedee tehnologice de realizare a elementelor termobimetalice 198
8.4.1. Realizarea elementelor termobimetalice 198
8.4.2. Ștanțarea, tăierea, îndoirea și spiralizarea benzilor de termobimetal 199
8.4.3. Tratamentul termic al elementelor termobimetalice 201
9. Elemente de tehnologia asamblării aparatelor electrice de joasă tensiune 203
9.1. Caracteristicile tehnologice generale ale asamblării aparatelor electrice 203
9.2. Precizia proceselor tehnologice de asamblare 208
9.3. Probleme tehnologice specifice asamblării contactoarelor și declanșatoarelor electromagnetice de joasă tensiune 218
9.4. Probleme tehnologice specifice asamblării releelor electromecanice și termice 224
9.5. Probleme tehnologice specifice asamblării dispozitivelor cu magneti permanenți 228
Bibliografia 233